

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Инженерная графика»

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к самостоятельной работе  
для выполнения графических заданий для студентов  
направления подготовки 27.03.05 «Инноватика»  
дневной формы обучения*



Могилев 2018

УДК 744  
ББК 30.11  
И 62

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Инженерная графика» «24» апреля 2018 г.,  
протокол № 9

Составители: ст. преподаватель О. А. Воробьева;  
ст. преподаватель Ж. В. Рымкевич

Рецензент канд. техн. наук А. П. Прудников

Методические рекомендации предназначены для студентов направления подготовки 27.03.05 «Инноватика» дневной формы обучения. В них рассматривается последовательность выполнения всех индивидуальных графических заданий по курсу «Инженерная графика».

Учебно-методическое издание

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	Д. М. Свирепа
Технический редактор	А. А. Подошевко
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 24.01.2014.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский  
университет», 2018



## Содержание

Введение.....	4
1 Проекционное черчение.....	5
1.1 Виды, их расположение и название. Основные, дополнительные и местные виды, их обозначение.....	5
1.2 Местные виды .....	6
1.3 Дополнительные виды.....	7
1.4 Классификация разрезов. Назначение разрезов. Простые разрезы, их получение и расположение на чертеже. Штриховка материалов в разрезах.....	7
1.5 Соединение части вида с частью разреза.....	10
1.6 Обозначение разрезов.....	11
1.7 Сложные разрезы, их классификация. Особенности выполнения сложных разрезов.....	12
1.8 Сечения. Назначение сечений. Классификация сечений. Построение вынесенного наклонного сечения.....	13
1.9 Аксонометрические проекции.....	14
2 Пересечение плоских фигур.....	16
2.1 Построение линии пересечения двух плоских фигур.....	16
3 Пересечение поверхностей.....	18
3.1 Построение линии пересечения поверхностей, если одна из них проецирующая.....	18
3.2 Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей.....	21
3.3 Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих сфер.....	22
4 Соединения резьбовые.....	24
4.1 Основные понятия о резьбе.....	28
4.2 Основные параметры резьбы.....	28
4.3 Классификация резьб.....	29
4.4 Изображение резьбы.....	29
4.5 Обозначение резьбы.....	31
4.6 Соединение болтом.....	32
4.7 Гайки.....	33
4.8 Шайбы.....	34
4.9 Соединение шпилькой.....	36
4.10 Соединение винтом.....	39
4.11 Обозначение крепежных изделий.....	41
4.12 Составление спецификации.....	43
5 Деталирование .....	46
5.1 Составлении рабочего чертежа детали.....	46
Список литературы.....	48



## Введение

Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является графическая грамотность, т. е. умение читать и выполнять чертежи.

Подготовку специалистов инженерно-технического профиля в вузах обеспечивает изучение курса «Инженерная графика», который является первой общетехнической дисциплиной, дающей знания, необходимые для изучения последующих технических дисциплин. Изложение материала в методических рекомендациях базируется на положениях Государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), внедренных и действующих в настоящее время в Беларуси.

В методических рекомендациях изложены основы начертательной геометрии, где последовательно рассмотрены основные геометрические элементы, алгоритмы пересечения фигур, способы преобразования чертежа, их применение к решению метрических задач. Рассмотрены основные требования стандартов ЕСКД по оформлению чертежей, способы построения аксонометрических проекций, проекций геометрических тел, изображение – виды, разрезы, сечения, виды конструкторской документации, изображение и обозначение соединений, составления и чтения конструкторской документации.

Методические рекомендации по дисциплине «Инженерная графика» подготовлены на основе действующих стандартов и отвечают требованиям учебного процесса. Содержат основы начертательной геометрии, проекционного и машиностроительного черчения.



# 1 Проекционное черчение

## 1.1 Виды, их расположение и название. Основные, дополнительные и местные виды, их обозначение

В общем случае чертеж любого предмета содержит графические изображения видимых и невидимых его поверхностей. Эти изображения получают путем прямоугольного (ортогонального) проецирования предмета на шесть граней куба. Грани куба принимаются за основные плоскости проекций – фронтальную, горизонтальную, профильную и им параллельные.

Основные плоскости проекций совмещают в одну плоскость вместе с полученными на них изображениями.

ГОСТ 2.305–68 устанавливает правила выполнения всех упомянутых изображений. Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы полностью представить форму предмета и найти все его размеры.

*Видом* называется изображение, на котором показана обращенная к наблюдателю видимая часть поверхности предмета.

В целях уменьшения количества изображений допускается показывать на видах штриховыми линиями невидимые контуры предмета.

ГОСТ 2.305–68 устанавливает шесть названий основных видов: *вид спереди (главный вид)*, *вид справа*, *вид сверху*, *вид снизу*, *вид слева*, *вид сзади* (рисунок 1).

*Главный вид* должен давать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

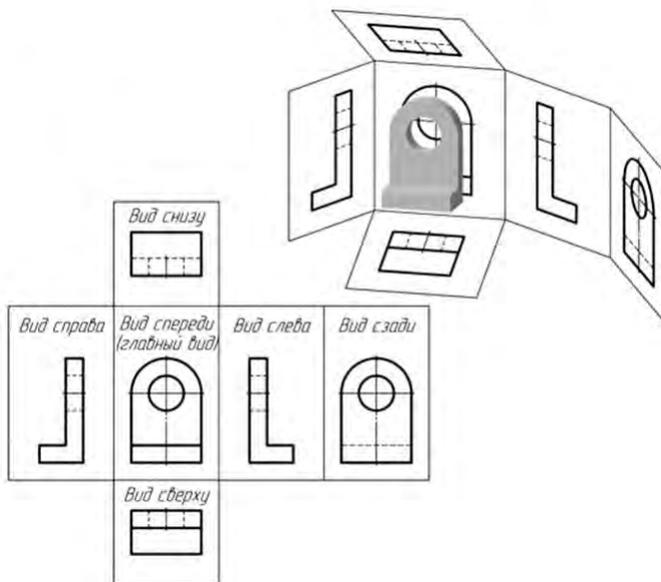


Рисунок 1 – Расположение основных видов

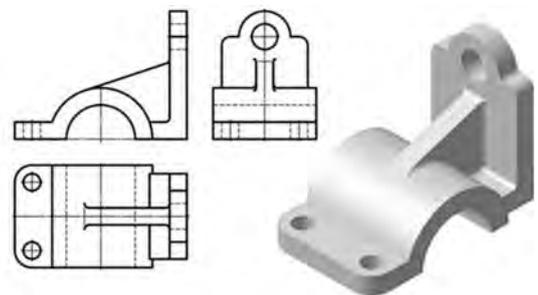


Рисунок 2 – Пример расположения трех основных видов (виды спереди, слева, сверху)

Виды должны, по возможности, располагаться в проекционной связи. В таких случаях на чертеже не наносят какие-либо надписи, разъясняющие наименования видов (рисунок 2).

Если нарушается проекционная связь между видами, их необходимо обозначить: наносится стрелка, указывающая направление взгляда на предмет, а вид, который получен при взгляде на предмет, должен быть отмечен на чертеже буквой в порядке алфавита. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в 2 раза.

### 1.2 Местные виды

*Местный вид* – изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, осью симметрии или не ограничен. Местный вид применяется в тех случаях, когда из всего вида только часть его необходима для уточнения формы предмета, остальная же часть вида не дает дополнительных сведений о предмете.

Если изображение имеет ось симметрии, то допускается показывать его половину. Если местный вид выполняется в проекционной связи по направлению взгляда, то стрелку и надпись над местным видом не наносят, в противном случае – наносят. Местный вид может быть ограничен линией обрыва или не ограничен линией обрыва. Применение местных видов позволяет уменьшить объем графической работы и экономить место на поле чертежа, обеспечивая полное представление о форме предмета (рисунок 3).

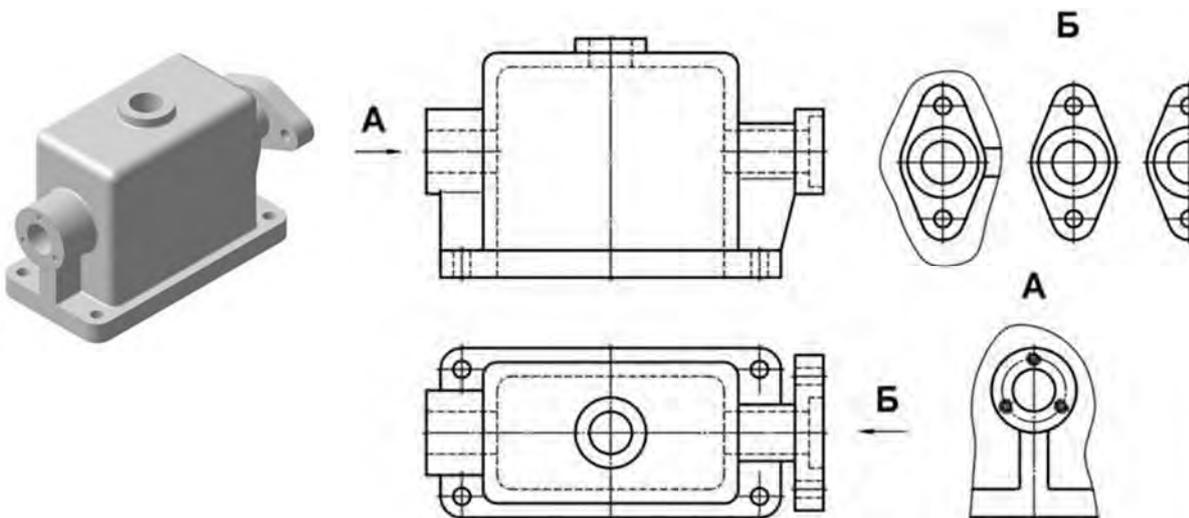


Рисунок 3 – Виды местные

### 1.3 Дополнительные виды

*Дополнительный вид* получается проецированием предмета на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций.

Дополнительные виды применяются в случаях, когда изображение предмета или его элемента не может быть показано на основных видах без искажения формы и размеров.

Если дополнительный вид расположен в проекционной связи, то он не обозначается, в противном случае направление взгляда должно быть указано стрелкой, а над изображением делается надпись соответствующей буквой (в порядке алфавита).

Дополнительный вид допускается поворачивать. В этом случае к надписи добавляется кружок со стрелкой (рисунок 4).

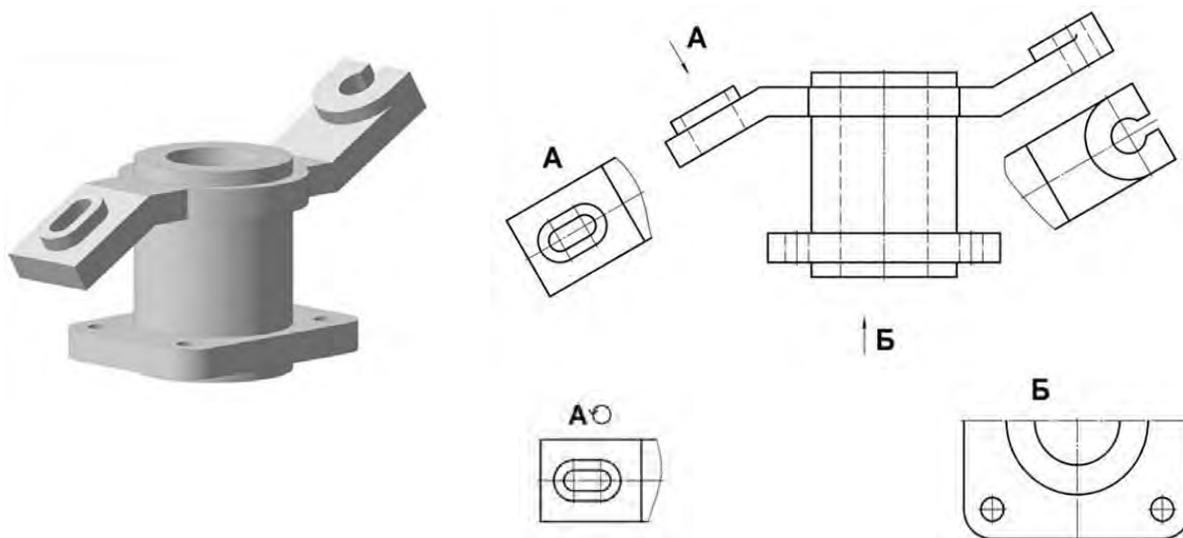


Рисунок 4 – Виды дополнительные

#### **1.4 Классификация разрезов. Назначение разрезов. Простые разрезы, их получение и расположение на чертеже. Штриховка материалов в разрезах**

Для представления о внутренней форме предмета на чертеже применяются линии невидимого контура. Это затрудняет чтение чертежа и может приводить к ошибкам. Применение условных изображений (разрезов) упрощает чтение и построение чертежей.

В результате выполнения разреза линии внутреннего контура, изображавшиеся на виде штриховыми линиями, становятся видимыми и должны быть изображены сплошными основными линиями.

*Разрез* – это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями (рисунок 5).

На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета.

Разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разделяют на:

– *горизонтальные* – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций;

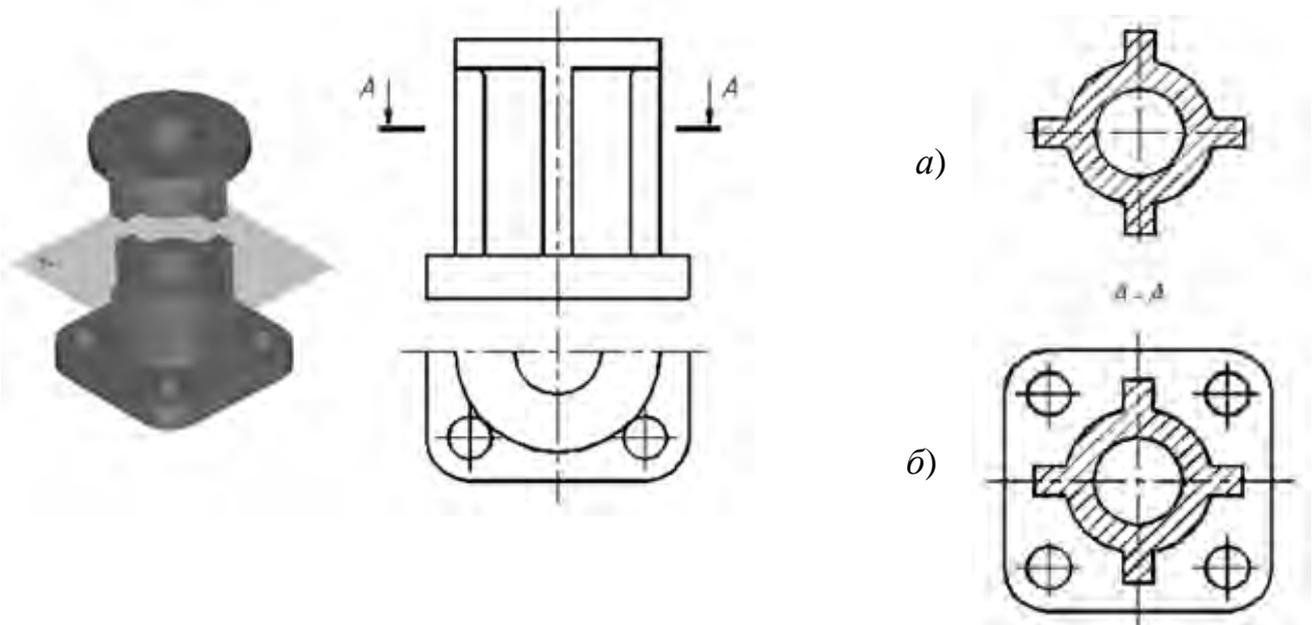
– *вертикальные* – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций;

– *наклонные* – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.



Рисунок 5 – Классификация разрезов

На рисунке 6 показано отличие изображений сечения и разреза.



а – изображение сечения; б – изображение разреза

Рисунок 6 – Изображение сечения и разреза

*Вертикальный разрез* называют *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

*Разрезы называют продольными, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета, и поперечными, если секущие плоскости перпендикулярны длине или высоте предмета.*

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут размещаться на месте соответствующих основных видов и на свободных местах чертежа (рисунки 7 и 8). В продольных разрезах ребро жесткости не штрихуется.

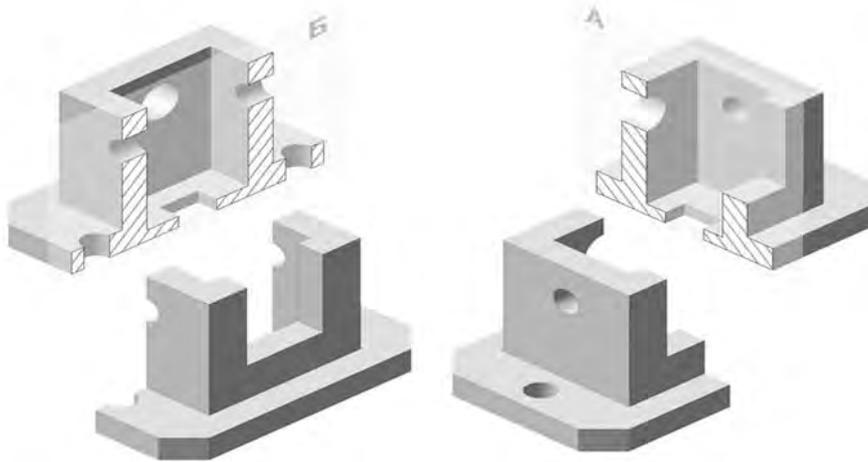


Рисунок 7 – Вертикальные разрезы

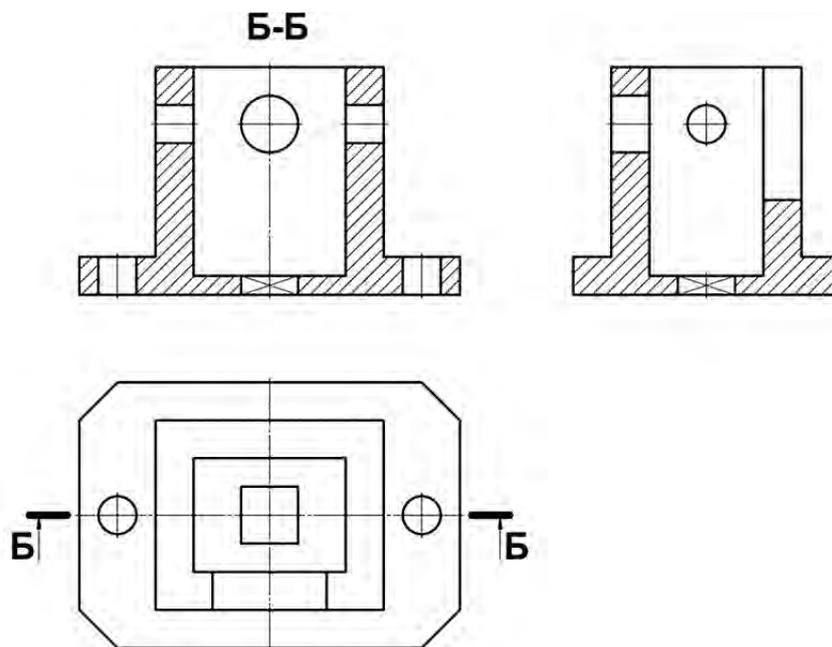


Рисунок 8 – Пример выполнения вертикальных разрезов

Разрез необходимо заштриховать под углом  $45^\circ$  относительно штампа (с правым или левым наклоном). Одна и та же деталь на всех изображениях, выполненных в разрезе, заштриховывается одинаково – в одном направлении, с одинаковым интервалом штриховки (рисунок 9).

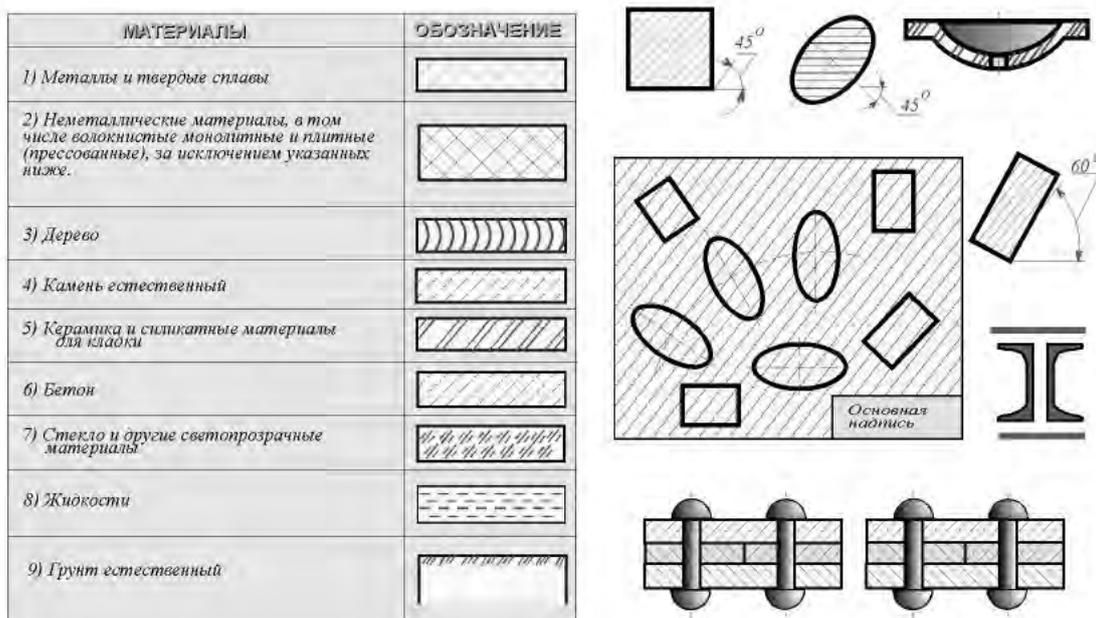


Рисунок 9 – Графическое обозначение материалов в разрезах и сечениях

### 1.5 Соединение части вида с частью разреза

Если разрез выполнен на месте какого-либо основного вида, то допускается соединять часть вида и часть разреза. Границей между ними служит сплошная волнистая линия, а на симметричных изображениях – штрихпунктирная тонкая (т. е. ось симметрии).

Если на оси симметрии расположена линия видимого или невидимого контура, то видимость ее сохраняют, проводя волнистую линию левее или правее оси симметрии (рисунки 10 и 11).

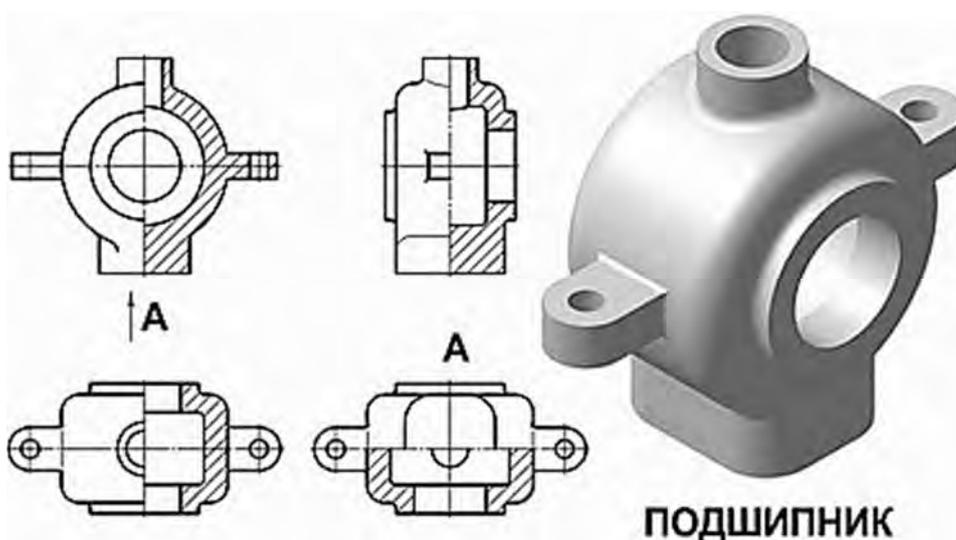


Рисунок 10 – Соединение половины вида и половины разреза

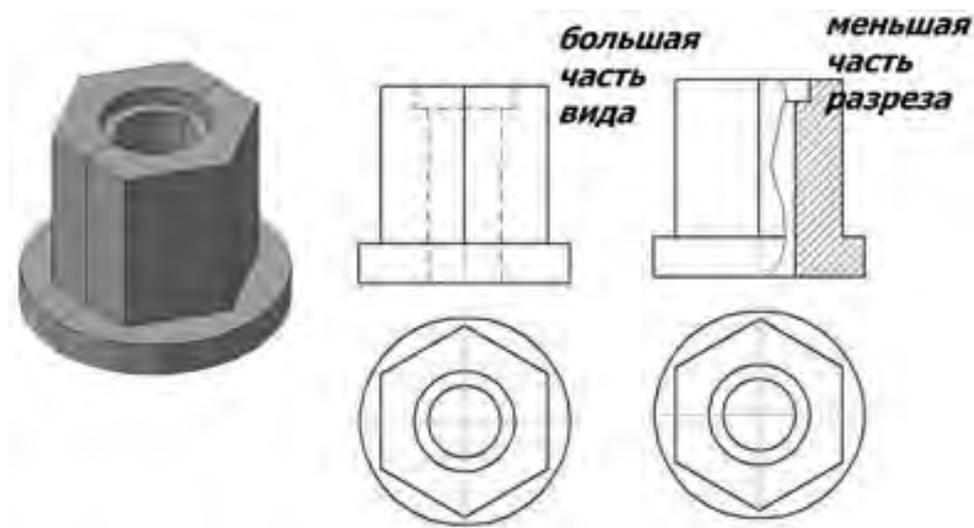


Рисунок 11 – Соединение части вида и части разреза

### 1.6 Обозначение разрезов

Не обозначаются разрезы (горизонтальные, фронтальные, продольные), если:

- секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом;
- соответствующей разрез расположен на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи с основными изображениями и не отделен от них какими-либо другими изображениями.

При обозначении разрезов положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения (разомкнутой линией).

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. На этих штрихах наносят стрелки на расстоянии 2...3 мм от внешних концов штриха.

Стрелки указывают направление взгляда на разрез. У начала и конца линии сечения (около стрелок) наносят одну и ту же прописную букву русского алфавита, а над выполненным разрезом пишут ту же букву дважды через тире.

Размер шрифта буквенных обозначений должен быть на два размера больше размерных чисел, нанесенных на том же чертеже (рисунок 12).



Рисунок 12 – Обозначение разреза

### 1.7 Сложные разрезы, их классификация. Особенности выполнения сложных разрезов

Сложными разрезами называются разрезы, получаемые с помощью двух и более секущих плоскостей. Сложные разрезы разделяются на ступенчатые и ломаные.

Они могут быть так же, как и простые разрезы, горизонтальными, фронтальными и профильными. Сложные разрезы могут быть и комбинированными, т. е. состоящими из ступенчатого и ломаного.

Ступенчатыми разрезами называют разрезы, выполненные несколькими параллельными секущими плоскостями.

На рисунке 13 приведен пример выполнения фронтального ступенчатого разреза.

Допускается сложные ступенчатые разрезы располагать вне проекционной связи.

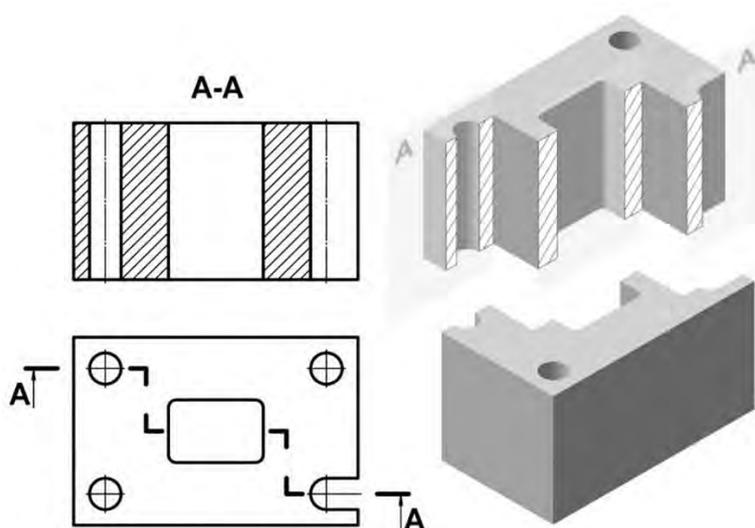


Рисунок 13 – Ступенчатый разрез

Ломаными называются разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями (угол пересечения более  $90^\circ$ ).

Секущие плоскости условно поворачивают около линии взаимного пересечения до совмещения с плоскостью, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций, поэтому ломаные разрезы могут быть фронтальными, горизонтальными или профильными.

На рисунке 14 рычаг мысленно рассечен двумя пересекающимися секущими плоскостями, одна из которых является фронтальной плоскостью.

Для наглядности на рисунке нанесены линии связи и положение части детали после поворота. Эти построения на чертеже не показываются.

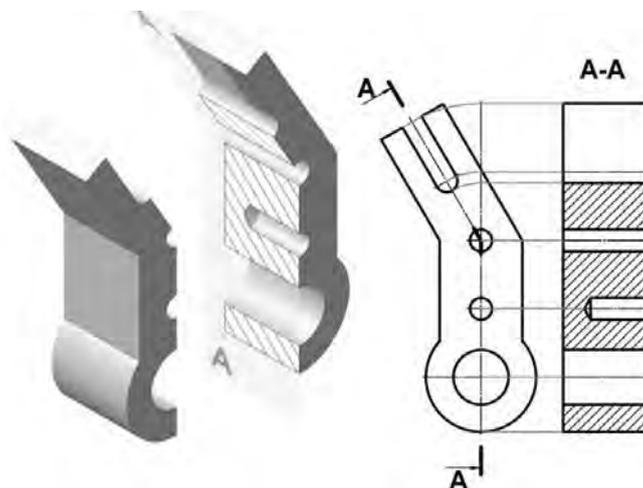


Рисунок 14 – Ломанный разрез

### 1.8 Сечения. Назначение сечений. Классификация сечений. Построение вынесенного наклонного сечения

*Сечением* называется изображение фигуры, получающееся при мысленном рассечении предмета плоскостью.

Сечения в зависимости от расположения их на чертеже *делятся на наложенные и вынесенные*.

Наложённые сечения изображаются непосредственно на изображении предмета. Вынесенные сечения могут располагаться на свободном поле чертежа или в разрыве изображения предмета.

Контур вынесенного сечения изображается сплошными основными линиями.

Контур наложенного сечения выполняется сплошными тонкими линиями, причем контур изображения предмета в месте расположения сечения не прерывается. При выполнении наложенных симметричных сечений, а также вынесенных симметричных сечений, выполненных в соответствии с рисунками 15 и 16, положение секущей плоскости не указывается.

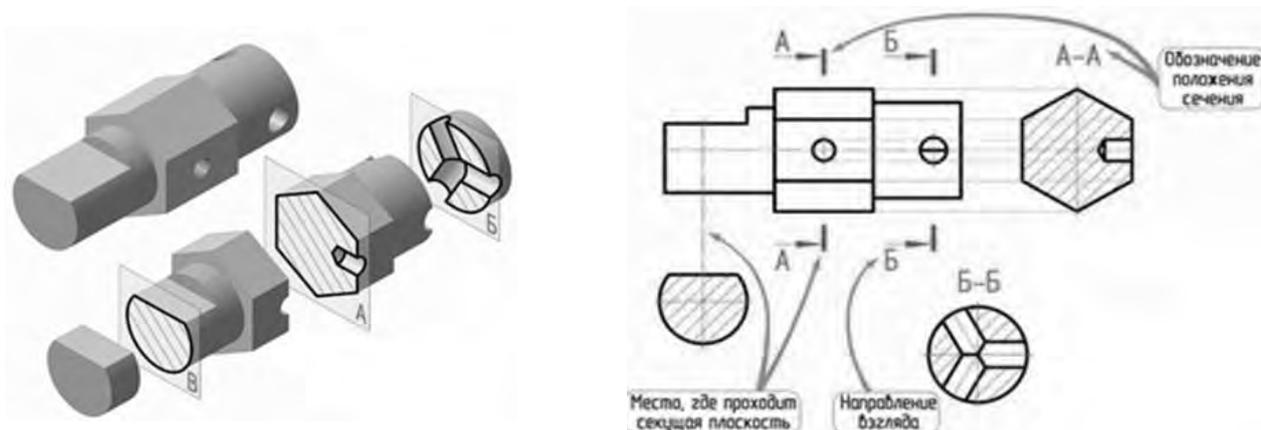
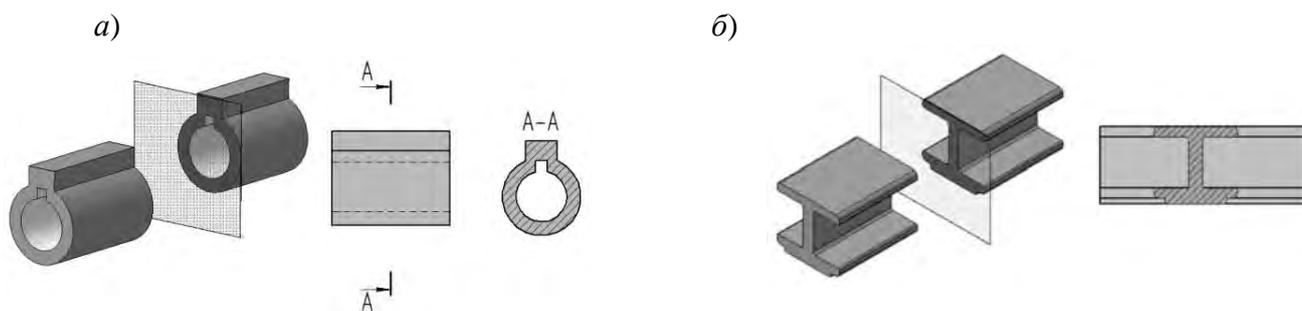


Рисунок 15 – Обозначение сечений



*a* – вынесенное; *б* – наложенное

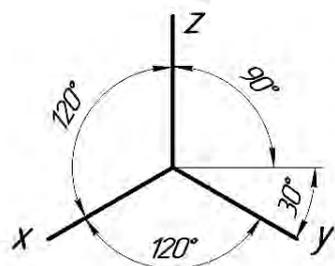
Рисунок 16 – Пример выполнения сечений

### 1.9 Аксонометрические проекции

Аксонометрическая проекция (от др.-греч. ἄξων «ось» и др.-греч. μετρέω «измеряю») – способ изображения геометрических предметов на чертеже при помощи параллельных проекций.

Это искажение может быть равным по всем трём осям – изометрическая проекция, одинаковыми по двум осям – диметрическая проекция, с разными искажениями по всем трём осям – триметрическая проекция (рисунок 17).

Прямоугольная изометрия,  
масштаб  $K_x = K_y = K_z = 1$



Прямоугольная диметрия,  
масштаб  $K_x = K_z = 1, K_y = 0,5$

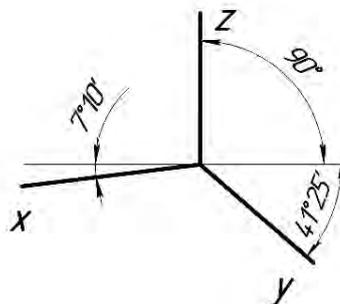


Рисунок 17 – Виды аксонометрических проекций

Изометрическая проекция – это разновидность аксонометрической проекции при которой в отображении трёхмерного объекта на плоскость *коэффициент искажения* (отношение длины спроецированного на плоскость отрезка, параллельного координатной оси, к действительной длине отрезка) по всем трём осям один и тот же. Слово «изометрическая» в названии проекции пришло из греческого языка и означает «равный размер», отражая тот факт, что в этой проекции масштабы по всем осям равны. В других видах проекций это не так.

Действительные коэффициенты искажения по осям  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  равны 0,82. Но с такими значениями коэффициентов искажения работать неудобно, поэтому на практике используются приведенные коэффициенты искажений. Эта проекция обычно выполняется без искажения, поэтому приведенные коэффициенты искажений принимаются  $k = m = n = 1$ . Окружности, лежа-

щие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются в эллипсы, большая ось которых равна  $1,22d$ , а малая –  $0,71$  диаметра образующей окружности  $D$ .

Графические действия для построения овала следующие (рисунок 18).

1 Провести две концентрические окружности, диаметры которых равны размерам большой и малой осей эллипса с центром в точке  $O$ . Большая ось  $AB$  эллипса равна  $1,22d$ , где  $d$  – диаметр окружности, малая ось  $CD$  эллипса равна  $0,71d$ .

2 Из двух центров в точках  $O_3, O_4$ , лежащих на окружности большой оси, провести прямые через точки  $O_1, O_2$  на окружности малой оси.

3 Из двух центров в точках  $O_1, O_2$ , лежащих на окружности малой оси, провести две малые дуги радиусами  $R_1$ , в пересечении с прямыми получить точки  $1, 4$  и  $2, 3$ .

4 Из двух центров в точках  $O_3, O_4$  на окружности большой оси провести две большие дуги радиусами  $R_2$  через точки  $1, 2$  и  $3, 4$ .

Ориентация больших и малых осей эллипсов относительно аксонометрических осей (рисунок 19).

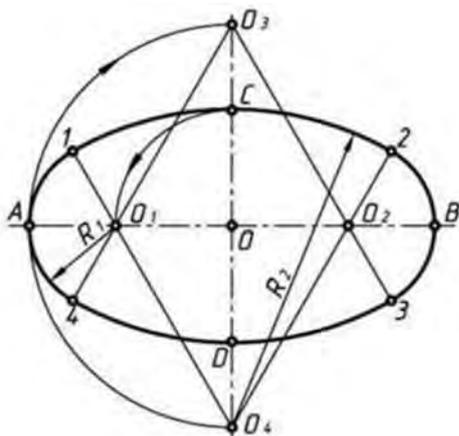


Рисунок 18 – Построение четырехцентрального овала, заменяющего эллипс в прямоугольной изометрии

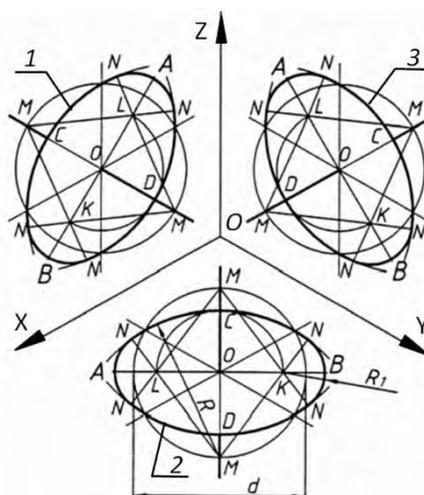


Рисунок 19 – Построение окружностей в прямоугольной изометрии

Эллипс 1 – аксонометрическая проекция окружности, лежащей на проекциях предмета в плоскости, параллельной плоскости проекций  $V$ . Большая ось эллипса перпендикулярна аксонометрической оси  $Y$ , а малая совпадает с осью  $Z$ .

Эллипс 2 – аксонометрическая проекция окружности, лежащей на проекциях предмета в плоскости, параллельной плоскости проекций  $H$ . Большая ось эллипса перпендикулярна аксонометрической оси  $Z$ , а малая совпадает с осью  $Z$ .

Эллипс 3 – аксонометрическая проекция окружности, лежащей на проекциях предмета в плоскости, параллельной плоскости проекций  $W$ . Большая ось эллипса перпендикулярна аксонометрической оси  $X$ , а малая совпадает с осью  $X$ .

Построение аксонометрических изображений технических форм в прямоугольной изометрии широко распространено благодаря их хорошей наглядности и простоте построений (рисунок 20).

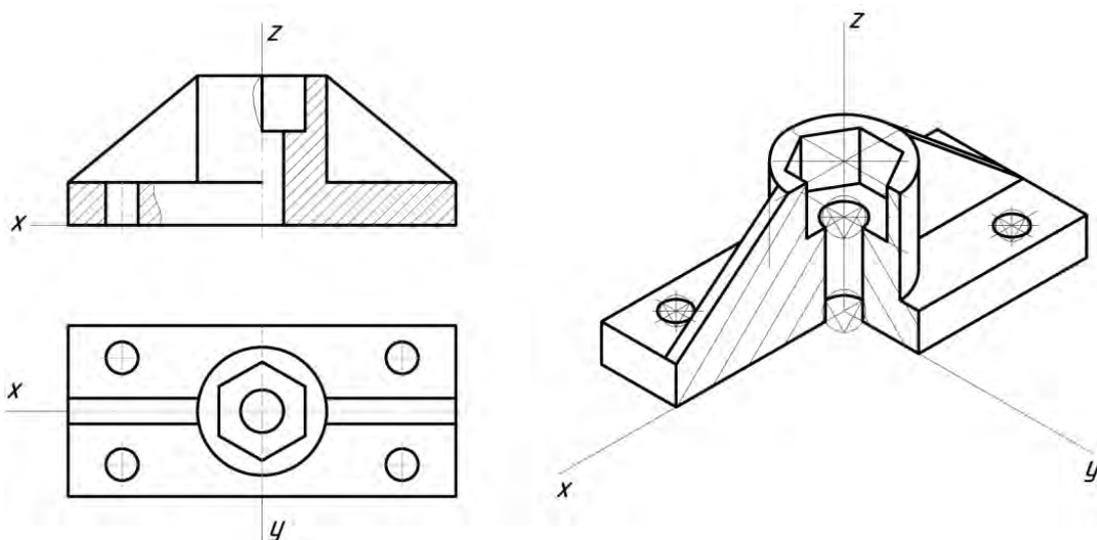


Рисунок 20 – Пример построения изометрической проекции технической формы с вертным вырезом

## 2 Пересечение плоских фигур

Типовая позиционная задача начертательной геометрии – построение линий пересечения двух плоскостей – относится к задачам, которые имеют непосредственное применение в технике.

Результатом решения описанной позиционной задачи является построение прямой. Для ее определения в пространстве необходимо знать либо две точки, ей принадлежащих, либо одну точку и направление прямой. Найти это возможно на основе метода построения точки встречи линии с плоскостью.

### 2.1 Построение линии пересечения двух плоских фигур

Рассмотрим случай, когда оба пересекающихся треугольника занимают общее положение. Линию их пересечения находим, как и для предыдущего чертежа, по двум точкам пересечения сторон одного треугольника с плоскостью другого. Но бывают случаи, когда сторона треугольника выбирается неудачно и решение может выйти за пределы проекции треугольников. Например, чтобы найти точку встречи сторон  $EK$  с треугольником  $ABC$ , вводим вдоль проекции  $E'K'$  проецирующую плоскость  $\alpha$ . Она отрезет у треугольника  $ABC$  вершину  $B$  по линии 1–2. Отметив фронтальные проекции точек  $1''$  и  $2''$ , найдем соответствующие им горизонтальные проекции  $1'$  и  $2'$ . Видим, что две прямые, обозначенные отрезками  $1'2'$  и  $K'E'$ , пересекаются за пределами чертежа. Решение оказывается малопонятным.

Введем вдоль  $K''D''$  фронтальную плоскость  $\beta$  (рисунок 21). Она отрезет у треугольника  $ABC$  вершину  $C$  по линии 3–4. Отметив фронтальные проекции  $3''$  и  $4''$ , найдем горизонтальные проекции  $3'$  и  $4'$ . Соединим их и определим точку  $F$ , в которой сторона  $KD$  пересекает треугольник  $ABC$ . Аналогично

вдоль  $A''B''$  вводим плоскость  $\gamma$  и с помощью промежуточных построений ( $5''6''$ ;  $5'6'$ ) находим точку  $G$ , в которой сторона  $AB$  пересекает треугольник  $DEK$ . Таким образом, определены две точки  $F$  и  $G$  прямой линии пересечения треугольников  $ABC$  и  $DEK$ .

Установим их видимость на проекциях чертежа (см. рисунок 21). Во фронтальной плоскости можно использовать результаты предварительной оценки. У треугольника  $D''E''K''$  невидимыми будут части сторон между точками  $F''3''$  и  $I''2''$ , у треугольника  $A''B''C'' - D''4''$  и  $G''6''$ .

Для установления видимости треугольников в горизонтальной проекции оценим взаимное положение двух близкорасположенных вершин  $B'$  и  $D'$ . Анализ их фронтальных проекций показывает, что точка  $B''$  выше точки  $D''$ . Поэтому линия  $B'A'$  на участке  $B'G'$  будет видимой, а далее в пределах треугольника  $D'E'K'$  невидимой. Участок стороны  $C'A'$  в пределах треугольника  $D'E'K'$  тоже будет невидимым. У треугольника  $D'E'K'$  часть  $K'F'$  стороны будет также невидимой (см. рисунок 21).

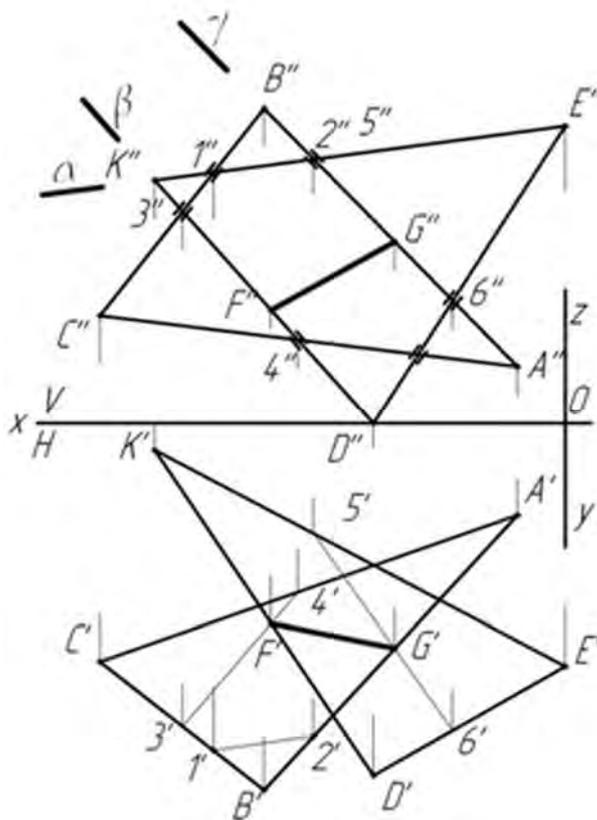


Рисунок 21 – Пересечение двух треугольников общего положения

### 3 Пересечение поверхностей

При конструировании сложных форм машиностроительных деталей или инженерных конструкций возникает необходимость в построении линий пересечения простых форм, которые образуют эти сложные формы. Линия, общая для двух пересекающихся поверхностей, называется линией пересечения. Чтобы определить линию пересечения поверхностей, необходимо найти проекции ряда точек, общих для рассматриваемых поверхностей.

Проанализируем некоторые случаи построения линий пересечения поверхностей.

#### 3.1 Построение линий пересечения поверхностей, если одна из них проецирующая

Рассмотрим случай, когда одна из поверхностей находится в проецирующем положении. Это возможно только для призматических и цилиндрических поверхностей.

На рисунке 22 представлены два пересекающихся многогранника – четырехгранная пирамида и трехгранная призма. Призма является горизонтально-проецирующей поверхностью – ее грани расположены перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций.

Следовательно, в соответствии со свойствами проецирующих фигур горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с проекцией призмы и задача сводится к определению ее фронтальной проекции на основе принципа принадлежности. Так как линия пересечения многогранников представляет собой замкнутую пространственную ломаную линию  $A-B-C-D-E-F-A$ , то необходимо найти только вершины этой ломаной, т. е. точки  $A''$ ,  $B''$ ,  $C''$ ,  $D''$ ,  $E''$ ,  $F''$ . Точку  $B''$  можно найти сразу по линии проекционной связи, а т. к. она находится на ребре  $SL$  пирамиды, то  $B'' \in S''L''$ . Аналогично можно построить точку  $F''$ . А вот для нахождения точки  $A''$  следует применить вспомогательные построения на основе принципа принадлежности. Так как точка  $A$  принадлежит одновременно и поверхности призмы, и поверхности пирамиды, то через точку  $A'$  на поверхности пирамиды проводим прямую  $L'$ , параллельную стороне

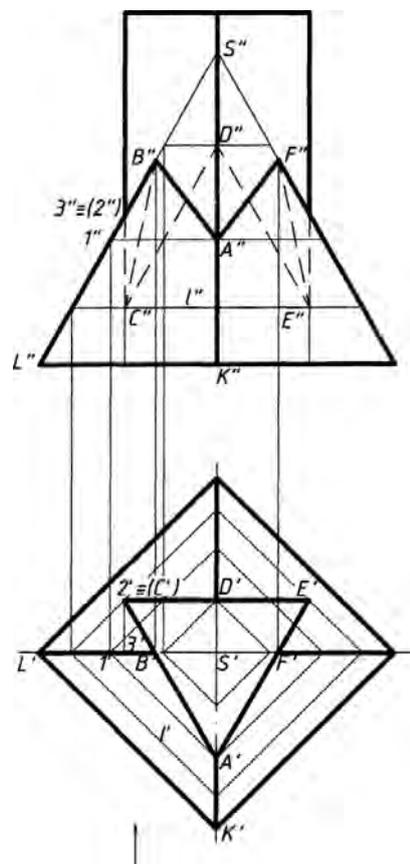


Рисунок 22 – Пересечение трехгранной призмы и четырехгранной пирамиды

основания  $LK$  пирамиды, находим точку  $I' \in S'L'$ , проецируем точку  $I'$  на фронтальную проекцию и строим прямую  $L'' \parallel L''K''$ , а затем по линии проекционной связи находим точку  $A'' \in L''$ .

Аналогично можно построить точки  $C''$ ,  $D''$ ,  $E''$ . Соединяя точки ломаной на фронтальной проекции, принимаем во внимание принадлежность их определенной грани и последовательность расположения точек, т.е. соединяем точки в таком же порядке, как и на горизонтальной проекции –  $A''-B''-C''-D''-E''-F''-A''$ . Построив линию пересечения поверхностей, приступаем к определению ее видимости. В связи с тем, что на фронтальной плоскости проекции видимы две передние грани пирамиды, то видимыми будут линии  $A''B''$  и  $A''F''$  пересечения этих граней видимыми гранями прямой призмы; все другие участки пространственного шестиугольника – невидимые.

Для определения видимости ребер заданных многогранников воспользуемся конкурирующими точками. Например, возьмем конкурирующие точки 2 и 3, одна из которых (точка 3) лежит на ребре пирамиды  $SL$ , а вторая – на ребре призмы и  $2' = C'$ . Так как на горизонтальной проекции видно, что точка  $3'$  расположена ниже, чем точка  $2'$ , то она находится ближе к наблюдателю и, следовательно, на фронтальной проекции видна точка  $3''$ , а она лежит на ребре  $SL$ . Следовательно, участок  $L''B''$  ребра  $SL$  видимый. Аналогично можно определить видимость фигур и на других участках.

На примере, представленном на рисунке 23, рассмотрим построение трех проекций линии пересечения поверхностей. Заданы прямой круговой конус и правильная пятигранная призма, боковая поверхность которой является фронтально-проецирующей. Исходя из свойств проецирующихся фигур определяем, что фронтальная проекция линии пересечения уже есть – она совпадает с частью фронтальной проекции призмы и является пространственной ломаной кривой линией  $1''-2''-3''-4''-5''-6''-7''-8''-9''-10''-11''-12''$ . Точки 1 и 12 являются крайними точками линии пересечения и лежат на левой крайней образующей конуса. Поэтому их горизонтальные проекции могут быть найдены без дополнительных построений. Точки 2, 5, 9, 10 являются точками пересечения ребер призмы с поверхностью конуса. Точки 4 и 8 являются точками, лежащими на очерковых образующих конуса на профильной плоскости проекций. Остальные точки являются промежуточными и служат для более точного построения кривых участков линии пересечения.

Рассмотрим построение горизонтальной проекции линии пересечения поверхностей на примере точки 2. Через точку  $2''$  на фронтальной проекции проведем на поверхности конуса параллель  $n$ , которая на плоскости  $V$  является прямой линией и расположена параллельно основанию конуса. На плоскость  $H$  параллель  $n$  проецируется в виде окружности радиусом  $R$ .

В пересечении полученной окружности  $n'$  с верхним ребром призмы получаем точку  $2''$ . Аналогично можно найти все остальные точки линии пересечения, которые затем соединить плавной линией с помощью лекала с учетом видимости. Видимым будет участок  $1'-2'-3'-4'-5'$  линии пересечения, т. к. он лежит на двух верхних гранях призмы.



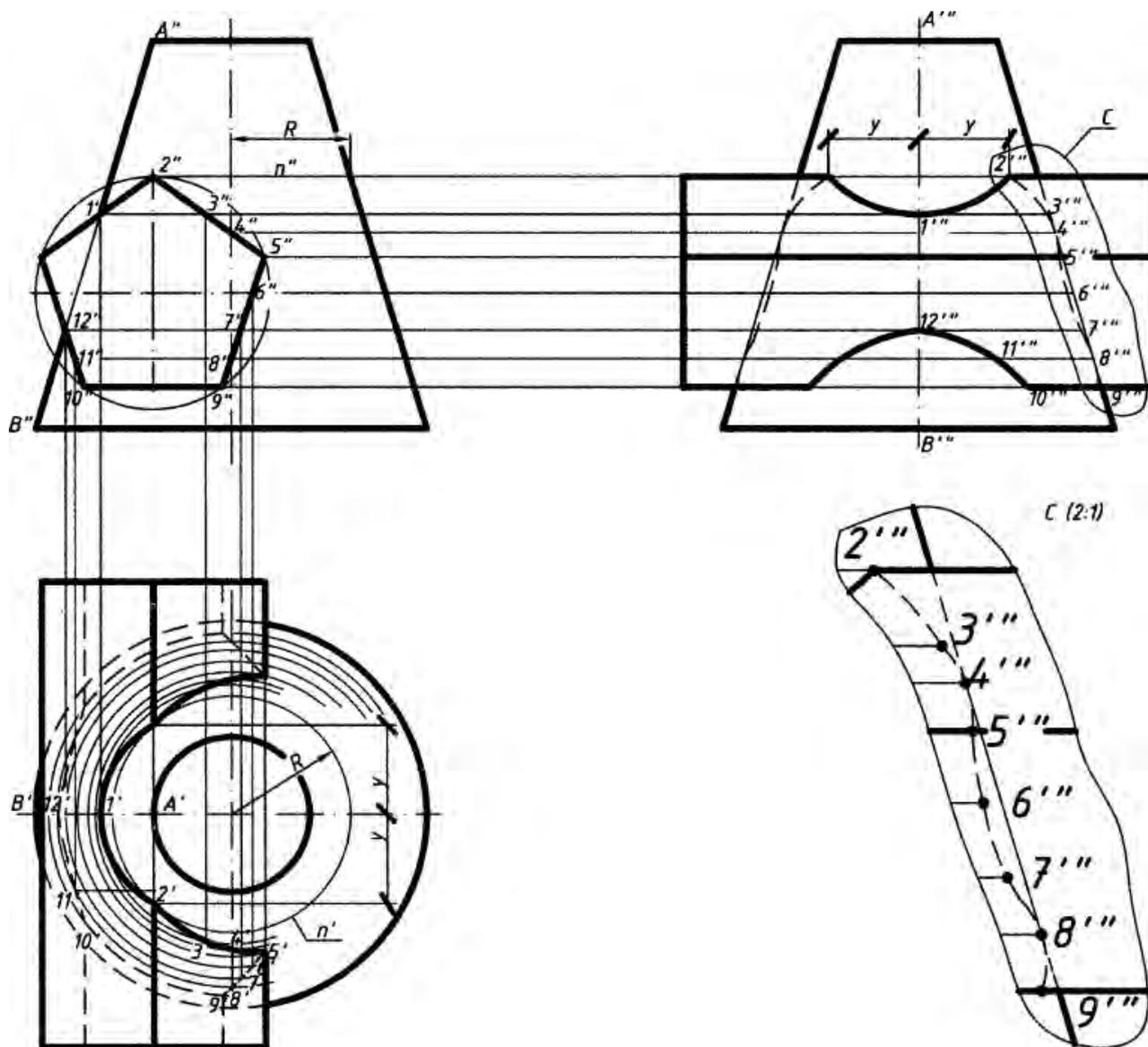


Рисунок 23 – Пересечение правильной пятигранной призмы и прямого кругового конуса

Теперь приступим к построению профильной проекции. Сначала следует построить профильные проекции заданных фигур, а затем – проекции точек линии пересечения. Точки  $1'''$ ,  $12'''$ ,  $4'''$ ,  $8'''$  могут быть найдены с помощью линий связи на соответствующих проекциях образующих конуса (например,  $1'' \in A''B''$ ;  $1''' \in A'''B'''$  и т. д.). Для построения, например, точки  $2'''$  нужно на горизонтальной линии связи, проведенной через точку  $2''$ , отложить от оси конуса координату «у», измеренную на горизонтальной проекции. Аналогично можно найти остальные точки и соединить их ломаной кривой с учетом видимости.

### 3.2 Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей

Пусть требуется определить линию пересечения поверхности сферы с поверхностью тора (рисунок 24). Так как обе заданные поверхности являются поверхностями вращения, то линия их пересечения представляет пространственную кривую, для построения которой нужно найти ряд точек.

Для получения этих точек следует воспользоваться такими вспомогательными плоскостями, чтобы проекции линий пересечения с заданными поверхностями были бы наиболее простого вида. Такими плоскостями в данном случае являются горизонтальные плоскости ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\sigma$ ), которые пересекают заданные поверхности по окружностям, проецирующимся на горизонтальную плоскость проекций без искажения. Взаимное пересечение горизонтальных проекций указанных окружностей определяет горизонтальные проекции точек, принадлежащих линии пересечения.

Сначала находим точки 1 и 6.

Это так называемые «опорные» или «характерные» точки линии пересечения. Эти точки определяют сразу на фронтальной проекции без дополнительных построений как результат пересечения очерковых образующих заданных поверхностей (можно представить, что рассекаются обе поверхности так называемой «осевой» плоскостью  $\omega$ , тогда на фронтальной плоскости проекций получим очерки заданных поверхностей, которые пересекаются в точках 1'' и 6''). В данном случае точки 1 и 6 являются высшей и низшей точками линии пересечения и тогда понятен диапазон, в котором следует проводить вспомогательные плоскости.

Так, в частности, в результате пересечения поверхностей сферы и тора горизонтальной плоскости  $\alpha$  получены окружности радиусами  $R_1$  и  $R_2$ . Эти окруж-

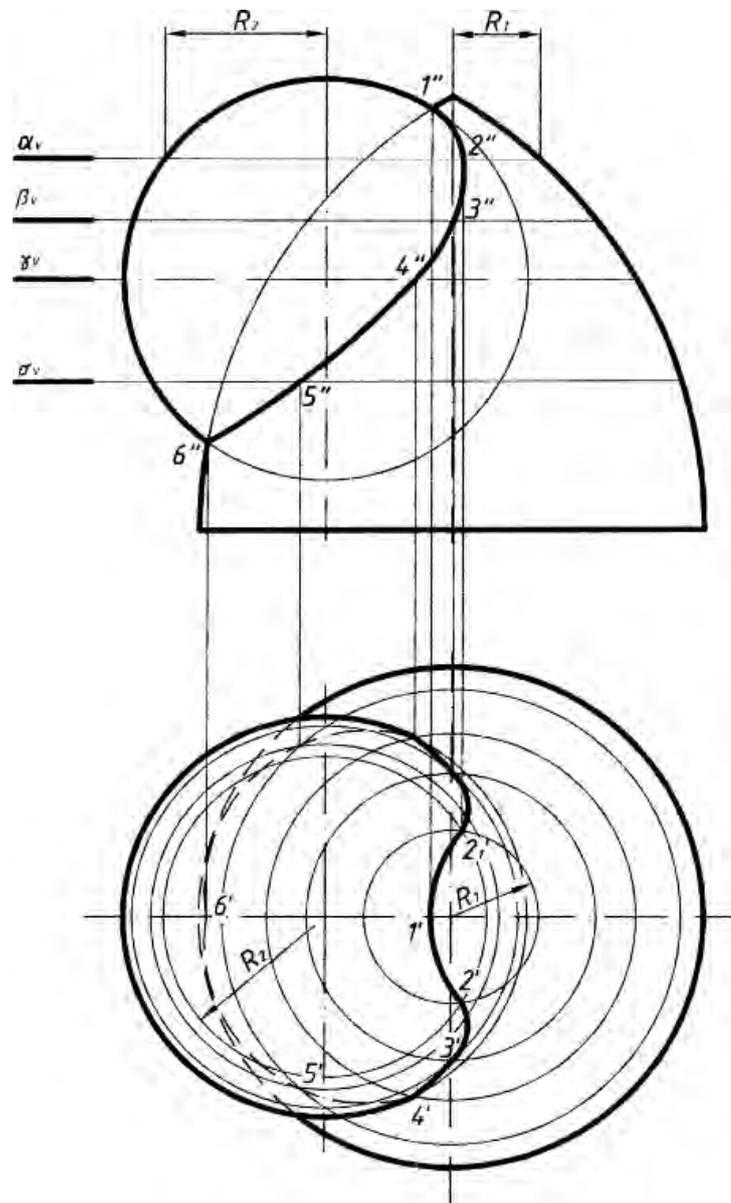


Рисунок 24 – Пересечение сферы и тора

ности на горизонтальной проекции пересекаются в точках  $2'$  и  $2_1'$ , затем найдем их на фронтальной плоскости по линии связи на следе  $\alpha v$ .

Проведя ряд горизонтальных вспомогательных плоскостей, аналогичным образом найдем и другие точки, принадлежащие линии пересечения.

Точка  $4$  определена в пересечении поверхностей плоскостью  $\gamma$ , проходящей через экватор сферы и являющейся границей видимости на горизонтальной проекции.

Все найденные точки следует последовательно соединить друг с другом плавной кривой линией.

### 3.3 Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих сфер

Способ вспомогательных секущих сфер может быть использован, если:

- заданные поверхности являются поверхностями вращения;
- оси заданных поверхностей пересекаются;
- оси поверхностей лежат в плоскости, параллельной одной из плоскостей проекций.

Применение в указанном случае сферических поверхностей удобно потому, что сферическая поверхность, центр которой расположен на оси любого тела вращения, пересекается с последним по окружности. Эта окружность проецируется на плоскость проекций, параллельно которой расположена ось тела вращения в виде прямой линии  $l$  (рисунки 25 и 26), потому что точка  $A$  – точка пересечения образующих обоих тел вращения – при вращении образующих опишет дугу окружности, общую для обеих поверхностей и расположенную в плоскости, перпендикулярной оси вращения.



Рисунок 25 – Частные случаи пересечения поверхностей вращения

Для того чтобы сферические поверхности использовать в качестве вспомогательных поверхностей при определении линии пересечения поверхностей двух тел вращения, за центр вспомогательных сферических поверхностей следует принимать точку пересечения осей заданных поверхностей.

Способом вспомогательных секущих сфер проекция линии пересечения на плоскости проекций, параллельно которой расположены оси поверхностей, может быть построена по одной проекции заданных поверхностей.

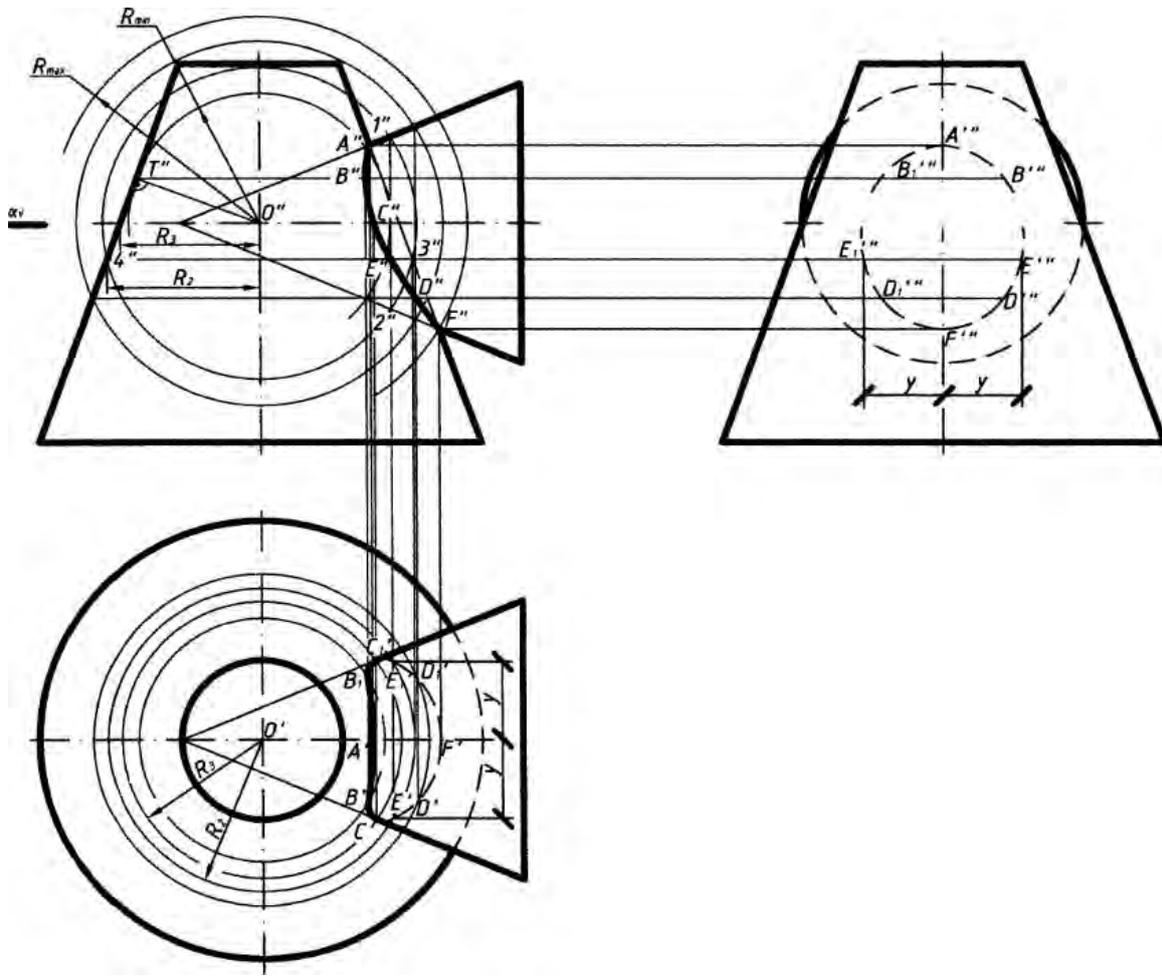


Рисунок 26 – Пересечение двух конусов

На рисунке 26 приведен пример определения проекций точек линии пересечения поверхностей двух конусов, оси которых пересекаются в точке  $O$  и параллельны плоскости  $V$ . Сферическая поверхность радиусом  $R_1$  с центром в точке  $O$  пересечет конические поверхности по окружностям, фронтальные проекции которых изобразятся в виде прямых  $1''-2''$  и  $3''-4''$ . Взаимное пересечение этих прямых определяет фронтальную проекцию  $E''$  точки  $E$ , принадлежащей линии пересечения.

Проведя несколько сферических поверхностей с различными радиусами из того же центра, получим аналогичным образом ряд точек, принадлежащих линии пересечения. Минимальный радиус  $R_{\min}$  сферической поверхности, которая может быть использована при решении задачи, равен радиусу сферы, касающейся одной из заданных поверхностей и пересекающей другую поверхность (рисунок 27). В данном случае минимальный радиус сферической поверхности равен радиусу  $O''T''$  сферы, касающейся поверхности конуса с вертикальной осью, т. к. второй конус она при этом будет пересекать. С помощью сферы минимального радиуса определена точка  $B''$ , принадлежащая искомой линии пересечения. Опорными точками линии пересечения являются точки  $A''$  и  $F''$ , которые определяются как точки пересечения очерковых образующих заданных поверхностей.



Рисунок 27 – Построение вписанной сферы в поверхность вращения

Найдя с помощью сфер различного радиуса ряд точек линии пересечения поверхностей, соединяем их плавной кривой линией.

Затем переходим к построению горизонтальной и профильной проекций линии пересечения.

На горизонтальной проекции строим точки линии пересечения исходя из условия ее принадлежности конусу с вертикальной осью. Например, для построения точки  $E'$  нужно построить параллель, проходящую через точки  $3''$  и  $4''$ . На плоскости  $H$  она будет проецироваться в виде окружности радиусом  $R_2$ , и на ней по линии связи будут находиться точки  $E'$  и  $E_1'$ . Аналогично можно найти остальные точки. Для определения точек  $C'$  и  $C_1'$ , делящих горизонтальную проекцию линии пересечения на видимую и невидимую части, можно воспользоваться плоскостью  $\gamma$ , которая пересечет больший конус по окружности  $R_3$ , а меньший – по очерковому треугольнику, в результате их пересечения получим точки  $C'$  и  $C_1'$ .

Построение профильной проекции линии пересечения поверхностей сводится к построению третьей проекции точки по заданным фронтальной и горизонтальной и показано на чертеже на примере точки  $E'''$ .

Профильная проекция линии пересечения поверхностей будет полностью невидимой, т. к. закрыта вертикальностоящим конусом.

## 4 Соединения резьбовые

Широкое распространение в машиностроении получили разъемные резьбовые соединения. Эти соединения обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надежность, способность воспринимать большие нагрузки, сравнительно малые размеры и малый вес конструктивного элемента, простота изготовления.

В задании необходимо выполнить сборочный чертеж «Соединения резьбовые» по действительным размерам и упрощенное изображение согласно варианту (таблица 1), составить спецификацию к сборочному чертежу. Образец выполнения задания приведен на рисунках 28 и 29.





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			09.02.01.00.СБ.	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
A4	1		09.02.01.01	Корпус	1	
A4	2		09.02.01.02	Крышка	1	
A4	3		09.02.01.03	Уголок	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	4			Болт М24х80.109.016 ГОСТ 7798-70	1	
	5			Винт М16х60.058.056 ГОСТ 1491-80	1	
	6			Гайка М20х1,5.5.016 ГОСТ 5915-70	1	
	7			Гайка М24.5.016 ГОСТ 5915-70	1	
	8			Шайба 16.01 ГОСТ 11371-78	1	
	9			Шайба 20.65Г ГОСТ 6402-70	1	
	10			Шайба 24.65Г ГОСТ 6402-70	1	
	11			Шпилька М20х1,5х55.069 ГОСТ 22032-76	1	
			09.02.01.00.			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Иванов				Лит.	Лист
Проб.	Петров					1
И.контр.					Листов	
Утв.					1	
Соединение резьбовое					БРУ, гр. ТМ-051	

Рисунок 29 – Образец заполнения спецификации к сборочному чертежу

Таблица 1 – Исходные данные к заданию «Соединения резьбовые»

Номер варианта	Болт ГОСТ 7798–70	Шпилька		Винт		Материал корпуса
	Резьба	Резьба	Номер стандарта	Резьба	Номер стандарта	
1	M30×2	M24×2	22038–76	M20	1491–80	Чугун
2	M24	M20×1,5	22032–76	M16	1491–80	Сталь
3	M20×1,5	M24	22032–76	M16×1,5	1491–80	Сталь
4	M30×2	M16×1,5	22032–76	M20	1491–80	Сталь
5	M24×2	M16×1,5	22032–76	M20	17475–80	Сталь
6	M20	M20×1,5	22038–76	M16×1,5	1491–80	Пластмасса
7	M30×2	M24×2	22038–76	M20	1491–80	Алюминевый сплав
8	M24×2	M20	22032–76	M16×1,5	1491–80	Сталь
9	M20×1,5	M16	22038–76	M16×1,5	1491–80	Пластмасса
10	M30	M24×2	22032–76	M20×1,5	1491–80	Сталь
11	M24×2	M20	22038–76	M16	1491–80	Чугун
12	M20×1,5	M24×2	22036–76	M16	1491–80	Чугун
13	M30×2	M24×2	22032–76	M20	1491–80	Сталь
14	M24×2	M20	22032–76	M16×1,5	1491–80	Сталь
15	M30×2	M24×2	22036–76	M20	1491–80	Чугун
16	M24×2	M16×1,5	22032–76	M16	1491–80	Сталь
17	M20×1,5	M24	22036–76	M16	1491–80	Чугун
18	M30×2	M20	22036–76	M16	1491–80	Чугун
19	M24	M16×1,5	22036–76	M20	1491–80	Чугун
20	M20×1,5	M24	22032–76	M16×1,5	1491–80	Сталь
21	M30	M20×1,5	22032–76	M16	1491–80	Сталь
22	M24×2	M20	22032–76	M16	1491–80	Сталь
23	M20×1,5	M24	22036–76	M20	1491–80	Чугун
24	M30×2	M16	22038–76	M16×1,5	1491–80	Пластмасса
25	M24×2	M24×2	22038–76	M16	1491–80	Алюминевый сплав
26	M20×1,5	M16	22036–76	M20	17475–80	Чугун
27	M30×2	M20	22038–76	M16×1,5	1491–80	Пластмасса
28	M24	M24×2	22036–76	M16	1491–80	Чугун
29	M24×2	M16×1,5	22032–76	M12	1491–80	Сталь
30	M24	M16×1,5	22032–76	M12	1491–80	Сталь

*Примечания*

1 Для всех вариантов применять гайки шестигранные по ГОСТ 5915–70, шайбы пружинные по ГОСТ 6402–70, шайбы круглые по ГОСТ 11371–78 (при необходимости).

2 Для четных вариантов болтового соединения – гайки исполнения 1, шпилечного – гайки исполнения 2. Для нечетных вариантов – наоборот



## 4.1 Основные понятия о резьбе

Основным элементом всех резьбовых соединений является резьба, образующаяся при винтовом перемещении некоторой плоской фигуры, расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения, по которой профиль совершает свое движение. Часть резьбы, образованную при одном повороте профиля вокруг оси, называют витком (рисунок 30).

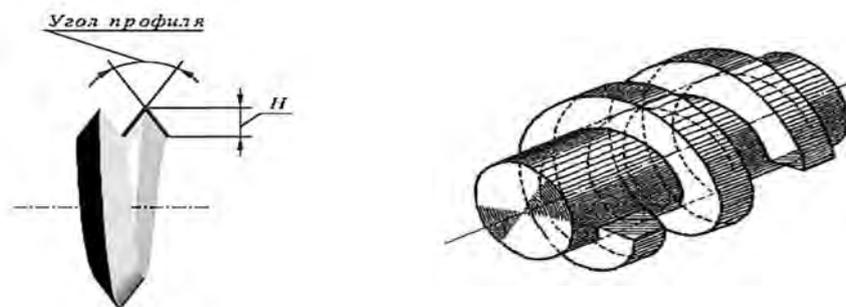


Рисунок 30 – Виток резьбы

В начале резьбы делают, как правило, коническую фаску, предохраняющую крайние витки от повреждений и служащую направляющей при соединении деталей с резьбой. Фаску выполняют до нарезания резьбы.

## 4.2 Основные параметры резьбы

На рисунке 31 изображен профиль резьбы и обозначены его основные параметры.

*Ось резьбы* – прямая, относительно которой происходит винтовое движение плоского профиля, образующего резьбу.

*Профиль резьбы* – контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось.

*Боковыми сторонами* профиля называют прямолинейные участки профиля, принадлежащие винтовым поверхностям.

Участки профиля, соединяющие боковые стороны выступов или канавок, называют вершиной или впадиной профиля соответственно.

*Угол профиля*  $\alpha$  – угол между боковыми сторонами профиля.

*Наружный диаметр резьбы*  $d$  – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадины внутренней резьбы.

*Внутренний диаметр резьбы*  $d_1$  – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

*Шаг резьбы*  $P$  – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

*Ход резьбы* – расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности в направлении, параллельном оси резьбы.

В однозаходной резьбе ход равен шагу, в многозаходной – произведению шага на число заходов.

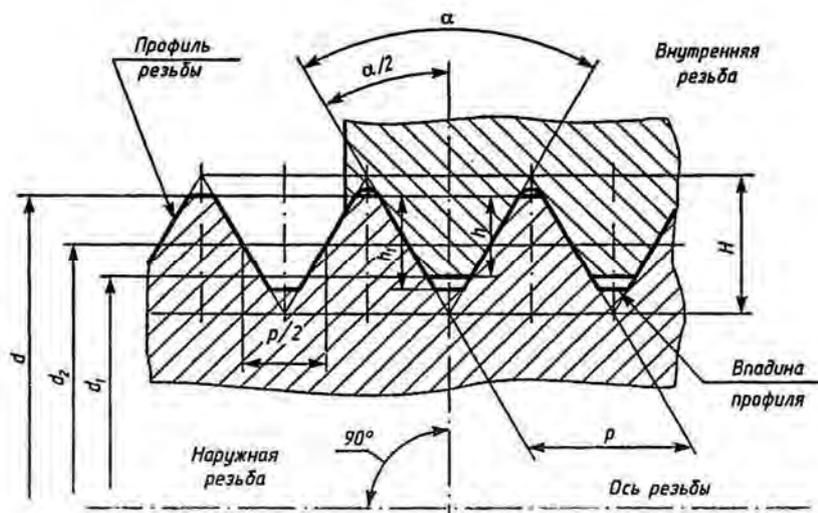


Рисунок 31 – Основные параметры резьбы

### 4.3 Классификация резьб

На схеме (рисунок 32) приведена классификация резьб.



Рисунок 32 – Классификация резьб

### 4.4 Изображение резьбы

Построение точного изображения витков резьбы требует много времени, поэтому его применяют в редких случаях. Согласно ГОСТ 2.311–68 на чертежах резьбу изображают условно, независимо от профиля резьбы, например,

резьбу на стержне изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими по внутреннему на всю длину резьбы, включая фаску. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по наружному диаметру резьбы проводится окружность сплошной основной линией, а по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте. Внутренняя резьба в отверстии на продольном разрезе изображается сплошными основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру. На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводится окружность сплошной основной линией, а по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией дуга окружности, разомкнутая в любом месте и равная приблизительно  $3/4$  окружности; фаска на таком виде не изображается. Расстояние между сплошными основной и тонкой линиями, применяемыми для изображения резьбы, должно быть не менее  $0,8$  мм и не более шага резьбы. Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы в конце полного профиля до сбега и изображают сплошной основной линией (рисунок 33).

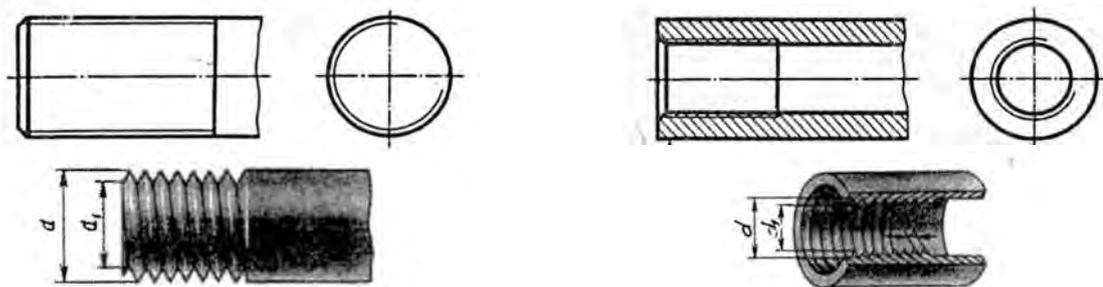


Рисунок 33 – Изображение резьбы на цилиндрических поверхностях

На рисунке 34 приведен пример изображения наружной и внутренней конической резьбы в разрезе.

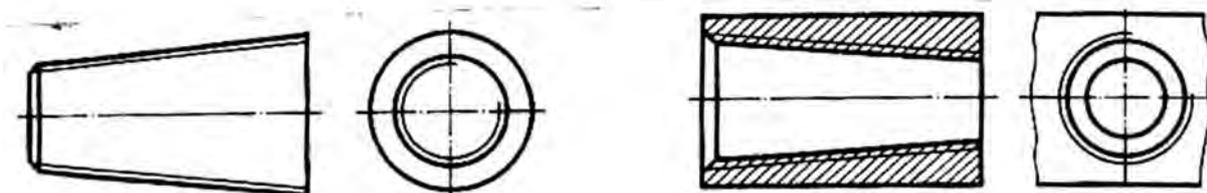


Рисунок 34 – Изображение резьбы на конических поверхностях

Фаска, не имеющая специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображается.

На разрезах резьбового соединения изображают только ту часть внутренней резьбы, которая не закрыта наружной резьбой. Штриховку проводят до сплошных основных линий (рисунок 35).

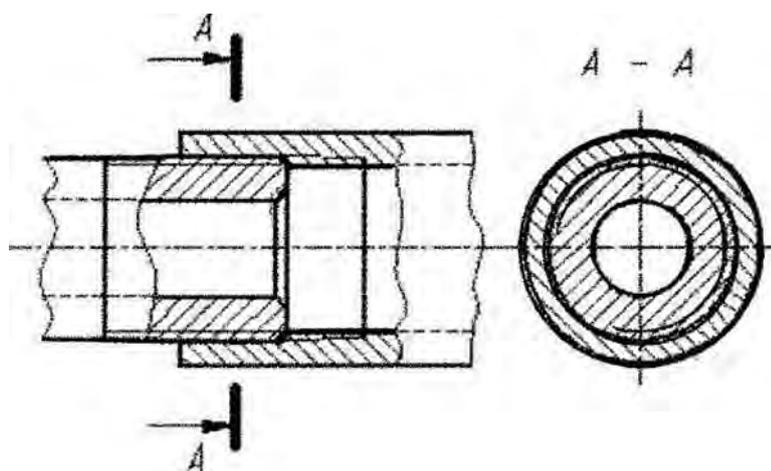


Рисунок 35 – Изображение резьбы в соединениях

#### 4.5 Обозначение резьбы

В таблице 2 приведены условные обозначения резьб общего назначения (сокращенные, без указания полей допусков и классов точности изготовления резьб). Прямоугольная резьба не стандартизована. При ее применении на чертеже указываются все необходимые для изготовления размеры. Диаметр и шаги метрической резьбы установлены ГОСТ 8724–81.

Таблица 2 – Обозначение резьб

Резьба, стандарт	Вид резьбы	Обозначение	Пример
Метрическая, ГОСТ 8724–81	Крупный шаг Мелкий шаг Многозаходная Левая	$M, d$ (мм) $M, d, P$ (мм) $M, d, P_h, P$ (мм)  $LH$	M20 M20×1,5 M20Ph3P1 M20LH, M20×1,5LH M20Ph3P1LH
Трубная цилиндрическая, ГОСТ 6357–81	Класс А (повышенный) Класс В (нормальный) Левая	$G, D$ (дюймы), класс $G, D$ (дюймы), класс LH	$G 1\frac{1}{2} -A$ $G 1\frac{1}{2} -B$ $G 1\frac{1}{2} LH -A$ $G 1\frac{1}{2} LH -B$
Трубная коническая, ГОСТ 6211–81	Наружная Внутренняя Внутренняя цилиндрическая Левая	$R, D$ (дюймы) $R_c, D$ (дюймы) $R_p, D$ (дюймы) $LH$	$R 1\frac{1}{2}$ $R_c 1\frac{1}{2}$ $R_p 1\frac{1}{2}$ $R 1\frac{1}{2} LH, R_c 1\frac{1}{2} LH$
Трапецидальная, ГОСТ 24738–81	Однозаходная Левая	$T_r, d, P$ (мм) $LH$	$T_r 40 \times 6$ $T_r 40 \times 6 LH$
Трапецидальная, ГОСТ 24739–81	Многозаходная Левая	$T_r, d, P_h, P$ (мм) $LH$	$T_r 20 Ph 8 P 4$ $T_r 20 Ph 8 P 4 LH$
Упорная, ГОСТ 10177–82	Однозаходная Левая	$S, d, P$ (мм) $S, d, P$ (мм) $LH$	$S 80 \times 10$ $S 80 \times 10 LH$
Упорная, ГОСТ 10177–82	Многозаходная Левая	$S, d, P$ (мм) $S, d, P_h, P$ (мм) $LH$	$S 80 Ph 20 P 10$ $S 80 Ph 20 P 10 LH$



## 4.6 Соединение болтом

Болт представляет собой цилиндрический стержень, снабженный на одном конце головкой, на другом – резьбой, на которую навинчивается гайка. Следует отметить, что на болтах нарезается метрическая резьба с крупным или мелким шагом.

Обычно болты применяют для соединения деталей не очень большой толщины и при необходимости частого соединения и разъединения деталей.

Наглядное изображение соединения деталей болтом показано на рисунке 36.

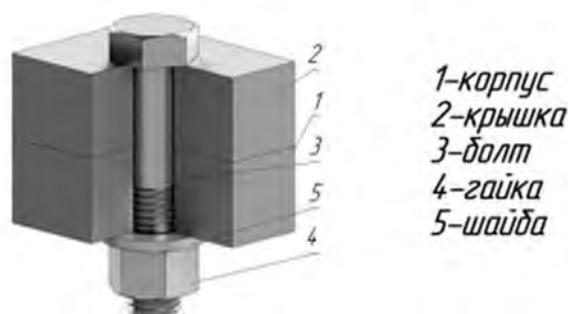


Рисунок 36 – Наглядное изображение соединения болтом

На рисунке 37 показаны изображения соединения деталей болтом по действительным размерам, упрощенно и условно.

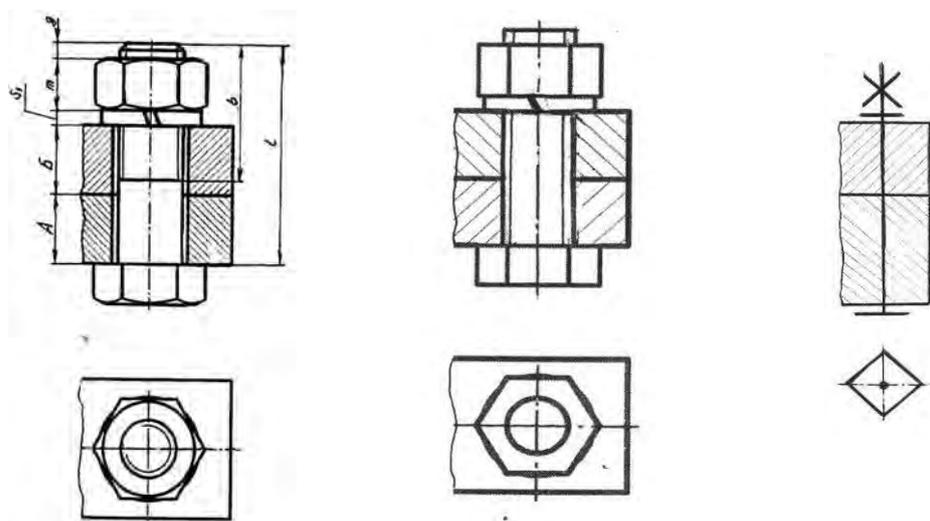


Рисунок 37 – Изображение соединения болтом

Исходным параметром болта является его наружный диаметр резьбы  $d$ . Размеры болта, кроме его длины  $l$ , выбирают из таблицы 3, а также руководствуются рисунком 38. Длина нарезанной части резьбы  $b$  зависит от длины болта. Если длина болта  $l$  очень маленькая, то резьба нарезается по всей его длине.



$$d_1 = d; D = 0,95S$$

Рисунок 38 – Болты с шестигранной головкой (ГОСТ 7798–70)

Таблица 3 – Номинальные размеры болта с шестигранной головкой (ГОСТ 7798–70)

Резьба $d$ , мм		16	20	24	30
Шаг резьбы	Крупный	2,0	2,5	3,0	3,5
	Мелкий	1,5	1,5	2,0	2,0
Класс точности В	$S$	24	30	36	46
	$k$	10	13	15	19
	$e$	26,8	33,5	40	50,9
$L$		$b$			
50, 60, 65, 70, 80, (85), 90, (95), 100, (105), 110, (115), 120		38	46	54	66

#### 4.7 Гайки

Гайка – деталь, имеющая отверстие с резьбой (рисунок 39), является одним из важнейших элементов резьбового соединения.

В таблице 4 приведены упрощенное и условное изображения гаек.

Данные для построения гаек приведены на рисунке 40 и в таблице 5.



Рисунок 39 – Наглядное изображение гаек

Таблица 4 – Упрощенное и условное изображения гаек

Наименование гаек	Изображение	
	упрощенное	условное
Шестигранные		
Шестигранные прорезные и корончатые		

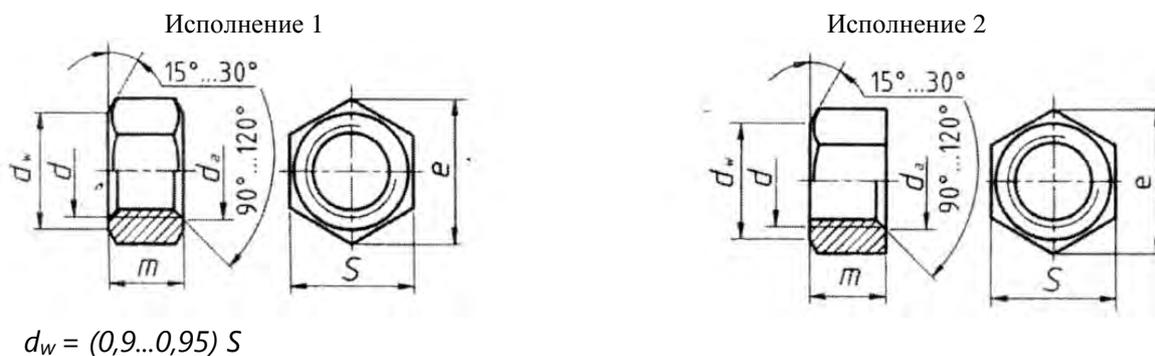


Рисунок 40 – Гайка шестигранная (ГОСТ 5915–70)

Таблица 5 – Номинальные размеры гаек шестигранных (ГОСТ 5915–70)

Резьба $d$ , мм		16	20	24	30
Шаг резьбы	Крупный	2,0	2,5	3,0	3,5
	Мелкий	1,5	1,5	2,0	2,0
Класс точности В	$S$	24	30	36	46
	$m$	13	16	19	24
	$e$	26,6	33,3	39,6	50,9

#### 4.8 Шайбы

Шайба – деталь резьбового соединения в виде тонкого плоского или фасонного диска с отверстием круглой формы. Стандартные плоские шайбы подкладываются под гайки или головки болтов (винтов) с целью предохранения свинчиваемых деталей от повреждения или увеличения опорной поверхности гайки или головки. Для предотвращения резьбовых соединений от самоотвинчивания широко применяются пружинные шайбы, представляющие собой виток прямоугольной резьбы с левым направлением винтовой линии. Они бывают легкие (Л), нормальные (Н), тяжелые (Т) и особо тяжелые (ОТ).

На рисунке 41 приведены наглядные изображения различных шайб.



Рисунок 41 – Наглядное изображение шайб

В таблице 6 приведены упрощенное и условное изображения шайб. Данные для построения шайб приведены в таблице 7 и на рисунке 42.

Таблица 6 – Упрощенное и условное изображение шайб

Наименование шайб	Изображение	
	упрощенное	условное
Круглые		
Пружинные		

Таблица 7 – Номинальные размеры шайб: шайбы круглые (ГОСТ 11371–78); шайбы пружинные (ГОСТ 6402–70)

Резьба $d$	16	20	24	30
$d_1$	17	21	25	31
$d_2$	30	37	44	55
$d_3$	16,3	20,5	24,5	31
$S$	3	3	4	5
$S_1 = b$	3,5	4,5	5,5	6,5

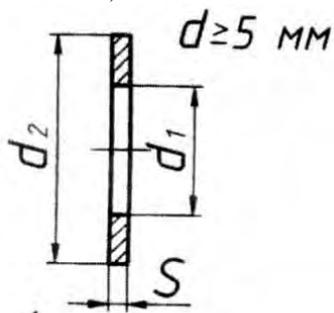
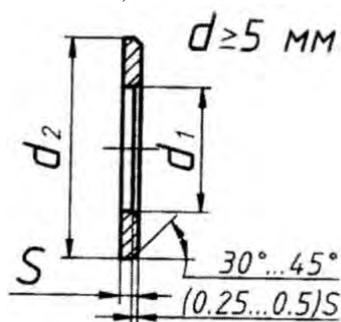
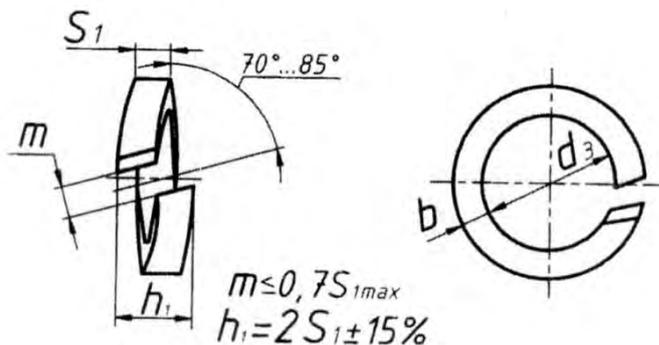
Шайбы круглые  
исполнение 1, класс точности СШайбы круглые  
исполнение 2, класс точности АШайбы пружинные,  
исполнение 1

Рисунок 42 – Шайбы круглые (ГОСТ 11371–78); шайбы пружинные (ГОСТ 6402–70)

## 4.9 Соединение шпилькой

Шпилька – крепежная деталь для разъемного резьбового соединения, представляющая собой цилиндрический стержень с нарезанной резьбой на обоих концах. Средняя часть шпильки без резьбы, гладкая.

Существуют самые различные конфигурации шпилек (рисунок 43).

Конструкции и размеры шпилек регламентированы ГОСТ 22032–76–22043–76.

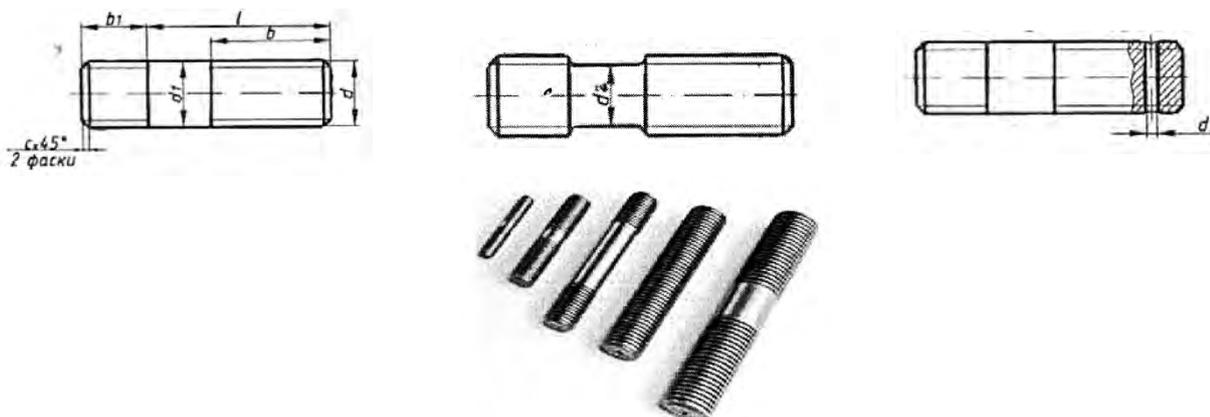


Рисунок 43 – Разновидности шпилек

Соединение деталей шпилькой показано на рисунках 44–47.



Рисунок 44 – Наглядное изображение соединения шпилькой

В корпусе (деталь 1) просверливают сверлом несквозное отверстие (гнездо) и нарезают резьбу метчиком. Посадочный конец шпильки  $b_1$  (деталь 5) полностью вкручивается в это отверстие. Сверху на шпильку надевается крышка (деталь 2), которую необходимо соединить с деталью 1. Диаметр отверстия в крышке берут на 1...1,5 мм больше, чем диаметр шпильки  $d$ . Как и при соединении болтом, надевают шайбу (деталь 4) и навинчивают гайку (деталь 3).

Исходным параметром для соединения шпилькой является диаметр резьбы шпильки  $d$ , который берем для своего варианта (таблица 8). Там же находят материал корпуса и рассчитывают длину посадочного резьбового конца шпильки  $b_1$ . Она бывает различных исполнений:

1) для резьбовых отверстий в деталях из стали, бронзы и латуни (шпильки по ГОСТ 22032–76)  $b_1 = d$ ;

2) для резьбовых отверстий в деталях из серого и ковкого чугуна (шпильки по ГОСТ 22036–76)  $b_1 = 1,6d$ ;

3) для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов (шпильки по ГОСТ 22038–76)  $b_1 = 2d$ .

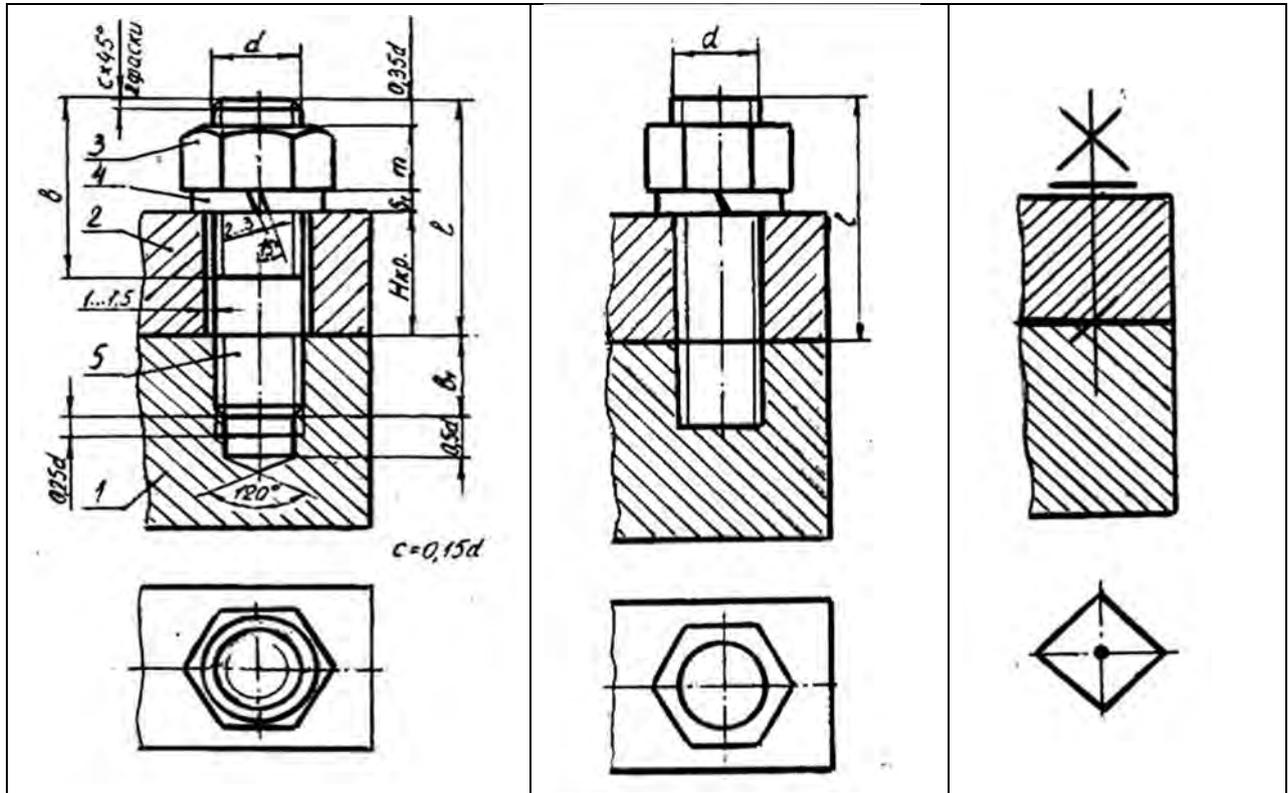


Рисунок 45 – Изображение соединения шпилькой по действительным размерам, упрощенное и условное

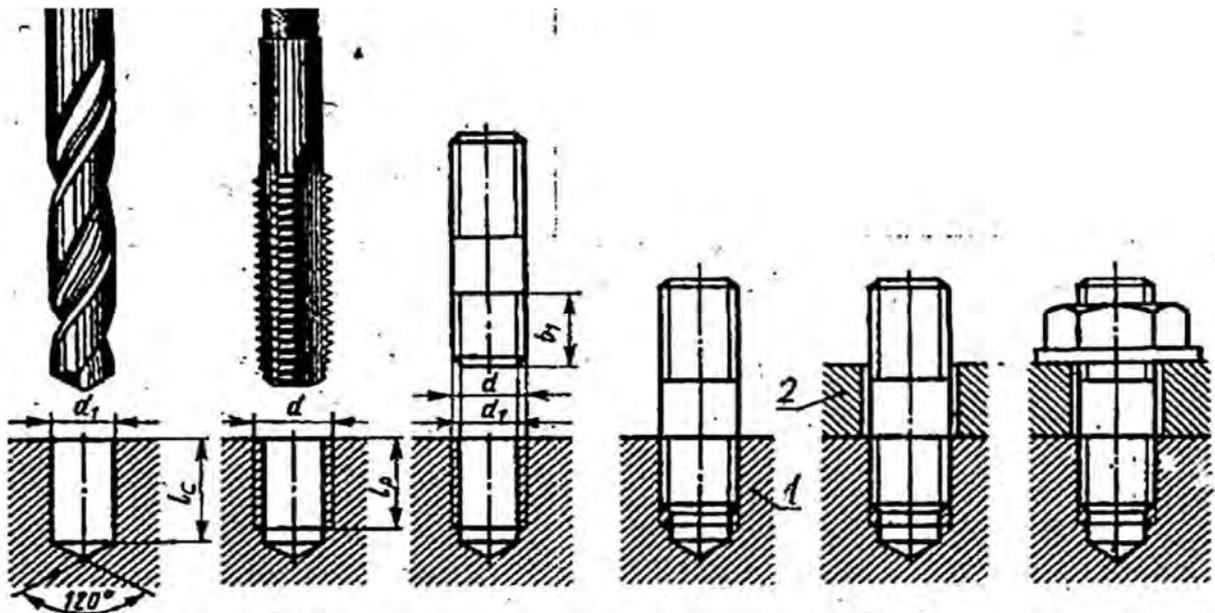


Рисунок 46 – Последовательность получения соединения шпилькой

Затем рассчитывают длину шпильки  $l$  (рабочую длину шпильки) (рисунок 47). Это длина шпильки без посадочного конца, она рассчитывается по формуле

$$l = H_{кр.} + S + m + g,$$

где  $H_{кр.}$  – толщина крышки (деталь 2);

$S$  – толщина шайбы;

$m$  – высота гайки;

$g$  – запас резьбы шпильки на выходе из гайки,  $g = 0,35d$ .

Полученное значение округляется до ближайшего стандартного значения длины шпильки (кратного 5). Это будет размер длины шпильки  $l$ . Найдя длину шпильки  $l$  по таблице 8 и руководствуясь рисунком 45, находят длину резьбы стяжного конца  $b$ .

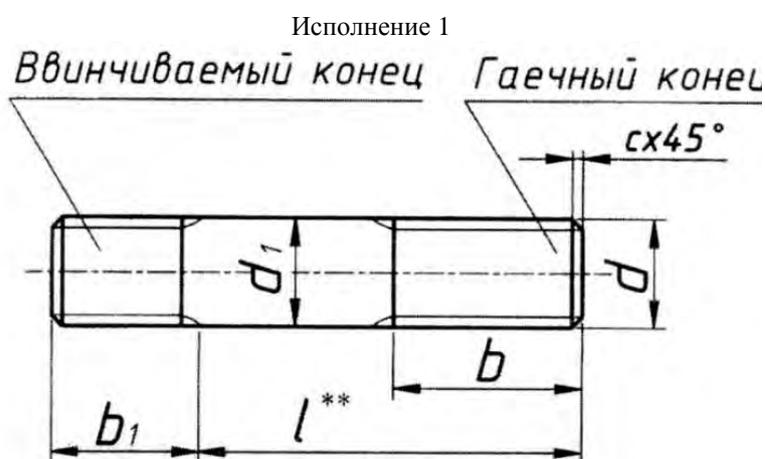


Рисунок 47 – Конструктивные размеры шпилек

Таблица 8 – Номинальные размеры шпилек

Материал детали, в которую ввинчивается шпилька	ГОСТ шпильки класса точности В	Длина ввинчиваемого конца $b_1$	$d = d_1$		
			16	20	24
			$P$ – шаг крупный (мелкий)		
			2 (1,5)	2,5 (1,5)	3 (2)
Сталь, бронза, латунь и т. п.	22032–76	$1d$	16	20	24
Ковкий и серый чугун (допускается сталь, бронза)	22036–76	$1,6d$	25	32	38
Легкие сплавы* (допускается сталь)	22038–76	$2d$	32	40	48
			Длина гайечного конца $b$		
			38	46	54
<b>Примечания</b>					
1 * – алюминиевый, магниевый, цинковый и т. п. сплав.					
2 Длину шпилек выбирают из следующего ряда: 35, (38), 40, (42), 45, (48), 50, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, 110, (115).					
3 Размеры, заключенные в скобки, если возможно, не применять					

Диаметр сверления  $d_1$  равен внутреннему диаметру резьбы. Например, задана шпилька с резьбой М20. Ее внутренний диаметр  $d_1 = 17,294$  мм (из ГОСТ 19257–73). Это и есть диаметр сверления отверстия. Глубина сверления  $l_c = b_1 + 0,5d$ . Резьба нарезается на глубину  $l_p = b_1 + 0,25d$ .

На сборочном чертеже линия раздела соединяемых деталей 1 и 2 должна совпасть с границей резьбы посадочного конца шпильки.

По вариантам подбирают шайбу и гайку для диаметра шпильки (таблицы 5 и 7).

На сборочном чертеже и чертеже общего вида рекомендуется выполнять упрощенное изображение соединения шпилькой.

Отличие упрощенного соединения шпилькой от конструктивного заключается в следующем:

- резьбу показывают на всем стержне шпильки;
- концы стержня шпильки и гайку изображают без фасок;
- не указывают зазор между стержнем шпильки и отверстием в скрепляемой детали;
- граница резьбы изображается только на посадочном конце шпильки;
- не указывается запас резьбы и сверления в нарезаемом гнезде детали (в корпусе).

Упрощенные и условные изображения соединения шпилькой устанавливают согласно ГОСТ 2.315–68. Условное изображение соединения шпилькой применяют в том случае, если диаметр шпильки равен или менее 2 мм.

#### 4.10 Соединение винтом

По назначению винты подразделяются на крепежные и установочные.

*Крепежный винт* – деталь, которая служит для разъемного соединения и представляет собой цилиндрический стержень с резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей и головкой различных форм «под ключ» или с прорезью «под отвертку».

Крепежные винты применяются при сборке машин и механизмов, если к основной детали крепится вспомогательная, например, крышка к корпусу редуктора, шпонка к валу, панель к шасси или корпусу и т. д.

Винты с потайной и полупотайной (конической) головками часто используют вместо болтов, когда выступающие головки мешают работе механизма.

На рисунках 48 и 49 приведены некоторые винтовые соединения.



Рисунок 48 – Наглядное изображение соединения винтом

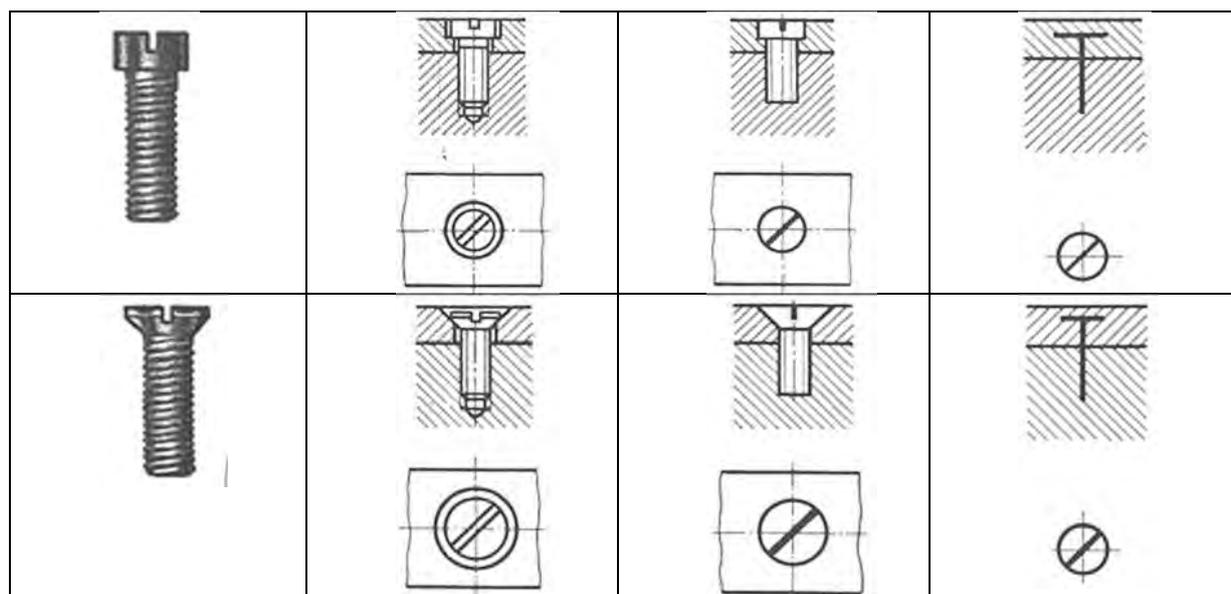


Рисунок 49 – Изображение соединения винтом по действительным размерам, упрощенное и условное

Винтовое соединение разрабатывают исходя из заданного диаметра резьбы  $d$ , толщины привинчиваемой детали  $B$ , марки материала детали с резьбовым гнездом и применяемого типа головки и её расположения относительно привинчиваемой детали.

Как и в шпилечном соединении, винт завинчивается в отверстие с резьбой, выполненное в одной из соединяемых деталях.

Отличие упрощенного изображения от конструктивного заключается в следующем:

- не показана граница резьбы;
- резьба изображена по всей длине стержня винта;
- не указан запас резьбы сверления в нарезанном гнезде;
- не изображен зазор между стержнем винта и отверстием;
- конец стержня винта изображен без фаски.

На сборочных чертежах шлицы (под отвертку) на головках винтов вычерчиваются под углом  $45^\circ$  относительно рамки чертежа.

На рисунке 49 приведены изображения деталей винтами без упрощений, упрощенное и условное.

Данные для расчета винтового соединения приведены в таблице 9, пример выполнения – на рисунке 49. В задании необходимо рассчитать длину винта  $l$ . Размеры элементов винта берутся в зависимости от диаметра резьбы  $d$ .

Таблица 9 – Номинальные размеры винтов

С цилиндрической головкой по ГОСТ 1491–80 исполнение 2						
	Номинальный диаметр резьбы, $d$	Шаг резьбы		$d$	$k$	$n$
мелкий		крупный				
12	1,75	1,25	18	7	3	3
16	2	1,5	24	9	4	4
20	2,5	1,5	30	11	5	5
С потайной головкой по ГОСТ 17474–80 исполнение 1						
	Номинальный диаметр резьбы, $d$	Шаг резьбы		$d$	$k$	$n$
мелкий		крупный				
12	1,75	1,25	21,5	6	3	2,4
16	2	1,5	28,2	8	4	3,2
20	2,5	1,5	36	10	5	4
Отношение длины винта $l$ к длине нарезанной части $b$	$\frac{22-40}{x}$		$\frac{30-50}{x}$		$\frac{40-60}{x}$	
	$\frac{42-85}{30}$		$\frac{55-95}{38}$		$\frac{65-120}{46}$	

#### 4.11 Обозначение крепежных изделий

Обозначение болтов, шпилек, винтов и гаек представлено на рисунке 50.

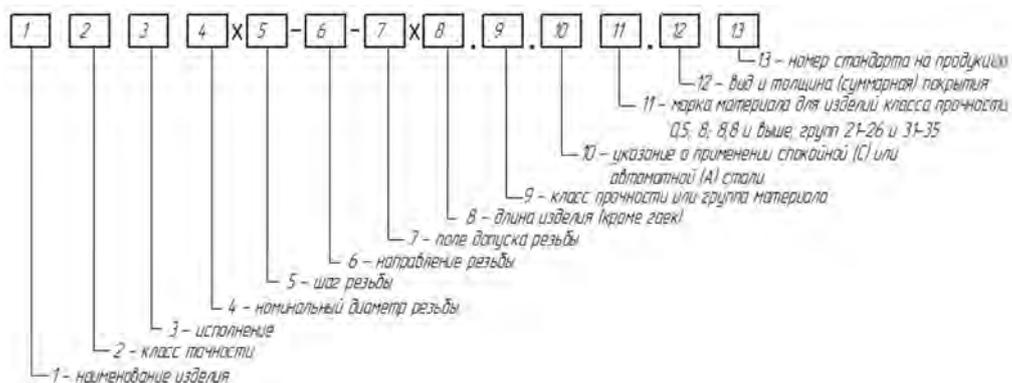


Рисунок 50 – Схема обозначения болтов, шпилек, винтов и гаек

## Примеры обозначения крепежных изделий

### Болт АМ20х1,5х70.58.С.019 ГОСТ 7798–70

Болт класса точности А, с резьбой диаметром  $d = 20$  мм, с мелким шагом резьбы 1,5 мм, длиной 70 мм, классом прочности 5,8, из спокойной стали с цинковым хромированным покрытием толщиной 9 мкм.

В условном обозначении гайки указывают наименование детали, исполнение, диаметр резьбы, класс прочности, марку материала, условное обозначение покрытия, толщину покрытия, класс точности, номер стандарта на размеры.

### Гайка 2М12х1,5.12.016 ГОСТ 5915–70

Гайка (по ГОСТ 5915–70) – исполнение 2, диаметр резьбы  $d = 12$  мм, с мелким шагом 1,5, классом прочности 12, покрытием 01, толщиной 6 мкм, классом точности В.

Нормальный класс точности В не указывают.

В условном обозначении круглых шайб указывают наименование детали, класс точности и исполнение, диаметр стержня, условное обозначение покрытия, толщину покрытия, номер стандарта на размеры.

### Шайба 8.65Г ГОСТ 6402–70

Шайба пружинная (по ГОСТ 6402–70) – исполнение 1 для крепежной детали с диаметром резьбы 8 мм, из стали 65Г без покрытия. То же с кадмиевым, хромированным покрытием толщиной 9 мкм.

### Шпилька М24х1,5х65.069.029 ГОСТ 22032–76

Шпилька – исполнение 1, с наружным диаметром резьбы 24 мм, мелким шагом 1,5 мм; рабочая длина шпильки  $l = 65$  мм, с классом прочности 6,9; видом покрытия 0,2; толщиной покрытия 9 мкм. Для шпильки 2 исполнения в условном обозначении перед наружным диаметром резьбы ставится цифра 2.

### Винт 22М20х1х55.58.056 ГОСТ 1491–80

Винт (по ГОСТ 1491–80) – исполнение 2, с наружным диаметром резьбы 20 мм, мелким шагом 1 мм, рабочая длина шпильки  $l = 55$  мм, с классом прочности 5,8; видом покрытия 0,5; толщиной покрытия 6 мкм.

В таблице 10 приведены наиболее часто применяемые класс прочности и покрытие для метизных изделий.

Таблица 10 – Данные, необходимые для обозначения крепежных изделий, к заданию «Соединения резьбовые»

Наименование	Поле допуска	Класс прочности	Покрытие
Болт	–	10,9	0,1 толщина 6 мкм
Шпилька	–	6,9	0,2 толщина 9 мкм
Винт	–	5,8	0,5 толщина 6 мкм
Гайка	–	5	0,1 толщина 6 мкм





В колонке «Поз.» (Позиция) записываются цифры – номера позиций, которыми помечены составляющие части изделия (подборки, детали, стандартные изделия, материалы и прочие изделия). В этой колонке цифры приводятся в сквозном возрастающем порядке сверху вниз через все разделы спецификации.

На сборочном чертеже номера позиций ставятся на полках линий-выносок, окружающих его изображения. Эти линии-выноски между собой не пересекаются, имеют угол наклона 30...60° к штампу основной надписи и опираются четко очерченным своим концом в изображение помечаемой части изделия. Для удобства работы со сборочным чертежом полки линий-выносок выравнивают по горизонтали и вертикали. Иногда для группы деталей, работающих, как правило, вместе, например, болт + гайка + шайба, применяют одну линию-выноску, к которой лесенкой пристраивают полки по количеству деталей. Кроме того, цифры, помечающие номера позиций, должны быть крупнее размеров чисел на 1...2 номера чертежного шрифта.

Колонка «Обозначение» заполняется только для разделов спецификации «Сборочные единицы» и «Детали», в ней записывается шифр конструкторской документации, состоящий из комбинации заглавных букв русского алфавита и цифр.

В колонке «Наименование» записываются наименования разделов спецификации и наименования составных частей, относящихся к данным разделам. Наличие тех или иных разделов определяется составом изделия. Для удобства работы названия разделов помещают посередине строки колонки, подчеркивают сплошной линией и отделяют от предыдущей и последующей надписей пустой строкой.

Перечень разделов спецификации в порядке их перечисления следующий: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Материалы», «Комплекты», «Прочие изделия».

В раздел «Документация» вносятся все документы конструкторской документации на изделие. Это может быть сборочный чертеж, пояснительная записка, схема, карта смазки и т. д.

В раздел «Комплексы» вносятся части изделия, являющиеся самостоятельным изделием, выполняющим с основным взаимосвязанные функции, например, комплекс измерительной аппаратуры на автомобиле.

В раздел «Сборочные единицы» вносятся под сборки, которые при сборке основного изделия поступают уже в собранном виде, например, колеса на автомобиль.

В разделе «Детали» перечисляются наименования всех деталей, участвующих в сборке изделия.

В разделе «Стандартные изделия» записывают составные части изделия, выполненные по государственным или другим стандартам, начиная с государственных. В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам, объединенным по функциональному назначению (например, подшипники, метизные изделия, электротехническая продукция и т. п.), но первой рассматривается группа метизных изделий. В пределах каждой группы наименования записывают в алфавитном порядке первой буквы (например, *Болт*, *Винт*,



*Гайка, Шайба, Шпилька*); в пределах каждого наименования – в порядке возрастания номера стандарта (например, *Болт М20х30 ГОСТ 7798–70*, затем *Болт М20х30 ГОСТ 7802–72*); в пределах каждого стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия (например, *Болт М12х30 ГОСТ 7798–70*, *Болт М20х50 ГОСТ 7798–70* и т. д.).

В раздел «Материалы» вносятся все материалы, непосредственно входящие в специфицируемые изделия с указанием их обозначения, марки, названия (например, *Пенька, Нитроэмаль, Масло промышленное*).

В раздел «Комплекты» помещают составные части изделия, которые образуют сборочную единицу, собираются не на предприятии-изготовителе и носят вспомогательный характер (например, комплект ключей, ремонтный комплект, насос на велосипеде).

В колонке «Кол.» (количество) указывается количество составных частей изделия, упоминаемых в других колонках спецификации. Для подборок, деталей, стандартных изделий это их количество в штуках, а для материалов – вес или объем.

В колонке «Примечание» можно приводить информацию второстепенного характера, например, материал деталей, их особенность (левая, правая, провод в оболочке) и др.

После каждого раздела спецификации целесообразно, особенно для сложных изделий, оставлять несколько свободных строк с резервированием запасных номеров позиций. Их заполняют в случае пропуска при составлении спецификации какой-то составной части изделия.

Наименование изделий всегда записывают в именительном падеже единственного числа, например, *Корпус, Втулка, Редуктор*. Если же наименование состоит из двух слов и более, то первым записывают имя существительное, например:

*Планка нажимная, Колесо зубчатое, Насос шестеренный.*

Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе «Формат» приводят аббревиатуру БЧ (без чертежа), графу «Обозначение» не заполняют, а в графе «Наименование» записывают наименование детали и материал, из которого она выполнена, например:

*Втулка Труба 20 х 2,8 ГОСТ 3262–75, l = 100 мм.*

Заполнение штампа основной надписи спецификации аналогично штампу сборочного чертежа, но шифр ее не содержит аббревиатуру СБ (сборочный чертеж) и название изделия также не содержит это пояснение. В графе «Лист» приводится порядковый номер листа спецификации, а в графе «Листов» – их общее количество.

На рисунке 28 приведен сборочный чертеж со спецификацией абстрактного изделия, соответствующий заданию «Соединения резьбовые», а на рисунке 29 – спецификация к данному сборочному чертежу.



## 5 Деталирование

Одним из основных конструкторских документов является рабочий чертеж детали. Основанием для разработки рабочих чертежей служит чертеж общего вида технического проекта.

На рабочем чертеже детали приводят сведения о конструктивных размерах, выбранных посадках, информацию о других данных, необходимых для последующей разработки конструкторской документации.

Рабочие чертежи выполняются только на нестандартные детали. Для стандартных изделий форма, размеры и условные обозначения оговорены соответствующими стандартами.

### 5.1 Составление рабочего чертежа детали

Рабочие чертежи деталей в совокупности с техническими условиями должны содержать все необходимые данные, определяющие форму, размеры, допуски, материал, термическую обработку, отделку и другие сведения, необходимые для изготовления и контроля деталей.

Правила составления рабочих чертежей устанавливает ГОСТ 2.109–73.

При выполнении рабочего чертежа детали необходимо придерживаться следующей последовательности.

*1 Определить необходимое количество изображений детали.*

На чертеже количество изображений детали должно быть минимальным, но обеспечивающим полное представление о форме и размерах наружных и внутренних поверхностей детали. Определив необходимое число изображений детали на рабочем чертеже, устанавливают ее главный вид. Главный вид выбирают в зависимости от положения детали в сборочной единице или при ее обработке. Все детали, имеющие форму тела вращения (шпиндели, валы, стержни и т. д.), располагают на чертеже в горизонтальном положении.

*2 Установить масштаб чертежа детали.*

Изображения детали должны выполняться в масштабах, предусмотренных в ГОСТ 2.302–68. Для выполнения рабочих чертежей предпочтительно применять масштаб 1:1, дающий представление о действительных размерах детали. Мелкие детали, имеющие сложную форму, следует изображать в масштабах увеличения. Крупные могут изображаться в масштабах уменьшения.

*3 Выбрать формат листа бумаги.*

Формат листа выбирается в зависимости от масштаба чертежа и числа изображений. Каждая деталь изображается на отдельном листе формата в соответствии с ГОСТ 2.301–68. Нанести рамку чертежа и основную надпись в соответствии с ГОСТ 2.104–2006.

*4 Скомпоновать изображения детали на листе.*

Изображения детали на чертеже выполняются в соответствии с ГОСТ 2.305–2008. Намеченные виды, разрезы и сечения изображаются тонкими сплошными линиями. При выполнении рабочих чертежей применяют



условности и упрощения, которые позволяют сократить объем графической работы и облегчают чтение чертежа.

**5 Нанести необходимые размеры и условные знаки.**

Размеры и предельные отклонения на рабочих чертежах наносятся согласно ГОСТ 2.307–68. На выносных или контурных линиях детали проставляются знаки шероховатости поверхностей по ГОСТ 2.309–73.

**6 Оформление рабочего чертежа.**

Обвести сплошной линией контуры всех изображений. Нанести штриховку на разрезах и сечениях в соответствии с материалом детали. Разрезы или сечения одной и той же детали на всех ее изображениях заштриховываются в одном направлении. Заполняют графы основной надписи чертежа с занесением обозначения детали, наименования детали, обозначения марки материала и номера стандарта.

На рисунке 52 приведен пример оформления рабочего (учебного) чертежа.

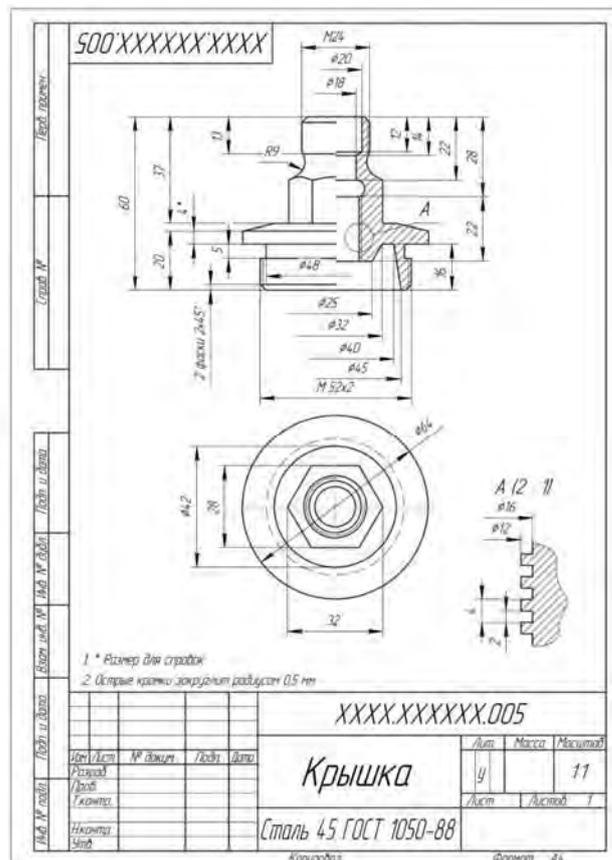


Рисунок 52 – Пример рабочего чертежа детали

## Список литературы

1 Инженерная графика: учебник / Н. П. Сорокин [и др.] ; под ред. Н. П. Сорокина. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2016. – 392 с. : ил.

2 Начертательная геометрия. Геометрическое и проекционное черчение : учебник / П. Н. Учаев [и др.] ; под общ. ред. П. Н. Учаева. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 340 с.

3 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение : учебник / А. А. Чекмарев. – Москва : ИНФРА-М, 2015. – 396 с.

